

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2013

ELIŠKA LUKAVSKÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Management obchodu s oděvy

ULTRAZVUKOVÉ SVAŘOVÁNÍ TEXTILIÍ A JEHO APLIKACE NA ODĚVNÍ VÝROBKY

ULTRASONIC WELDING OF TEXTILES AND ITS APPLICATION IN TEXTILE PRODUCTS

Lukavská Eliška

Vedoucí bakalářské práce: Katarína Zelová, Ing. Bc.

Rozsah práce:

Počet stran textu:	45
Počet obrázků:	39
Počet tabulek:	16
Počet stran příloh:	24

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eliška Lukavská**
Osobní číslo: **T10000460**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Management obchodu s oděvy**
Název tématu: **Ultrazvukové svařování textilií a jeho aplikace na oděvní výrobky**
Zadávající katedra: **Katedra oděvnictví**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte průzkum uplatnění ultrazvuku v konfekci. Charakterizujte princip ultrazvukového svařování a typy strojů používaných pro svařování textilií. Uveďte výhody a nevýhody ultrazvukového svařování textilií.
2. Navrhněte možnost využití metody ultrazvukového spojování textilií v oblasti konfekce.
3. Experimentálně ověřte kvalitu navrhovaného spoje. Porovnejte vlastnosti spoje vytvořeného konvenční a nekonvenční metodou.
4. Vyhodnoťte výsledky a doporučte optimální podmínky aplikace ultrazvukového svařování.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná


Seznam odborné literatury:

- MOTEJL, V.: Stroje a zařízení v oděvní výrobě. Praha 1984.
- KOLEKTIV.: Pokroky vědy a techniky v textilním průmyslu. Oděvnictví. Praha 1981. 04-831-81.
- VUJASINOVIC, E., JANKOVI, Z.: Investigation of the strength of ultrasonically welded sails. International Journal of Clothing Science and Technology 2007. Vol. 19 No. 3/4, pp. 204-214.
- Ultrasonic Welding technique. Pfaff (2006), "Welding machines". Dostupné na: www.sewingperfection.com.au.
- WEBER, A.: "Welding Still Ensures High-Strength Joints". Dostupné na: http://www.assemblymag.com/Articles/Article_Rotation/BNP_GUID_9-5-2006_A_10000000000000211653.


Vedoucí bakalářské práce: Ing. Katarína Zelová
Katedra oděvnictví

Datum zadání bakalářské práce: 1. listopadu 2012

Termín odevzdání bakalářské práce: 27. května 2013


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2012

P r o h l á š e n í

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou *bakalářskou* práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé *bakalářské* práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li *bakalářskou* práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím *bakalářské* práce a konzultantem.

Datum: 25. 5. 2013

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí bakalářské práce Ing. Kataríně Zelové za ochotu a trpělivost, kterou se mnou při tvorbě měla, a pracovníkům laboratoří KOD a KTT.

Práce by nemohla vzniknout bez pomoci odborníků, tudíž další poděkování patří společnostem DUKANE IAS s.r.o. a ASTONA spol. s.r.o. za ochotu poskytnout interní informace, vzorky pro práci a možnost prohlednout si provozovnu. Dále děkuji společnostem B.T.A. s.r.o. a GUMOTEX a.s. za poskytnutí materiálů.

Úplně na závěr bych chtěla poděkovat mé rodině za podporu po celou dobu studia.

ANOTACE

Práce se zabývá ultrazvukovým svařováním a jeho použitím na výstražných oděvech na Technické univerzitě v Liberci a uváděním použité literatury v práci. K zajištění dostatečných informací k danému tématu je první část práce věnována historii ultrazvuku, ultrazvukovému svařování a strojům pro ultrazvukové svařování. Další částí jsou výstražné oděvy, rozdělení a popis materiálů. Práce dále obsahuje experimentální část, kde jsou popsány použité materiály, použité stroje, zkouška pevnosti a vyhodnocení. Součástí práce jsou i přílohy se vzorky materiálů, tabulky a grafy pro vyhodnocování experimentální části.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Ultrazvukové svařování

Stroje pro ultrazvukové svařování

Výstražné oděvy

Podkladové materiály

Podlepování švů termoplastickou páskou

ANNOTATION

The work deals with the ultrasonic welding and its application to warning clothing at the Technical University in Liberec and mentioning of used literature in the work. To ensure sufficient information on the subject is the first part of the work devoted to the history of ultrasound, ultrasonic welding and ultrasonic welding machines. Another part is about warning clothing, classification and description of materials. The work also includes an experimental part, which describes the materials, used machines, strength test and evaluation. The work contains attachments with samples of materials, tables and graphs for the evaluation of the experimental part.

KEY WORDS:

Ultrasonic welding

Machines for ultrasonic welding

Warning clothing

Background materials

Mounting seams thermoplastic tape

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Historie ultrazvukového svařování	11
2.1 Vznik a vývoj ultrazvukového svařování	11
2.2 První ultrazvukové svařování v Československu	12
3 Ultrazvuk a jeho využití	13
3.1 Ultrazvukové svařování textilií	13
3.1.1 Plastické zdobení oděvních výrobků	15
3.2 Ultrazvukové stroje.....	15
3.2.1 Rozdělení ultrazvukových strojů podle způsobu svařování.....	15
3.2.2 Rozdělení ultrazvukových strojů podle konstrukce	16
3.2.3 Ultrazvukové stroje podle typu sonotrody	17
4 Pracovní oděvy.....	19
5 Výstražné oděvy.....	20
5.1 Rozdělení	20
5.2 Materiály výstražných oděvů.....	21
5.2.1 Podkladový materiál	21
5.2.2 Retroreflexní materiály	22
5.3 Podmínky certifikace výstražného oděvu	24
5.4 Obecné provedení oděvu	25
5.5 Použití ultrazvukového svařování na výstražných oděvech	27
5.5.1 Pánský plášť	28
5.5.2 Pánské kalhoty	29
6 Experimentální část.....	30
6.1 Charakteristika použitých materiálů	31
6.2 Charakteristika použitých zařízení	31
6.2.1 Nekonenční způsob spojování	32
6.2.2 Konvenční spojování materiálů	33

6.2.3	Charakteristika svařovacího stroje	33
6.2.4	Údržba reflexních oděvů a nastavení parametrů praní	35
6.2.5	Charakteristika přístroje Atlas UVCON	35
6.3	Přístroj TESTOMETRIC M350-5CT	36
6.3.1	Princip zkoušky.....	36
6.4	Přístroj TESTOMETRIC M350-10CT	37
6.4.1	Princip zkoušky.....	38
6.5	Vyhodnocení pevnosti materiálů	39
6.5.1	Vyhodnocení měření pevnosti z přístroje TESTOMETRIC M350-5CT.....	39
6.5.2	Vyhodnocení měření pevnosti z přístroje TESTOMETR M350-5CT.....	46
7	Závěr	53
8	Použitá literatura	55
	Seznam obrázků.....	58
	Seznam tabulek	59
	Přílohy.....	60

1 Úvod

Pracovní oděv je v dnešní době více než pouhá ochrana proti znečištění či klimatickým vlivům. Pracovní oděvy mají chránit nositele v různých situacích. Pracovní oděvy se dělí do několika kategorií, avšak tato práce je zaměřena na oděvy výstražné.

Výstražné oděvy jsou pro mnoho lidí nedílnou součástí života, ať už používají výstražné oděvy v práci nebo při běžných činnostech jako je jízda na kole. Výstražný oděv je ochranný pracovní oděv, který má za úkol chránit nositele tím, že vizuálně signalizuje jeho přítomnost. Oděv musí být dobře viditelný, především v nebezpečných situacích. Aby mohl být oděv označen za výstražný, musí splňovat normu ČSN EN 471+A1.

Výstražné oděvy je možné spojovat konvenčním i nekonvenčním způsobem spojování. Pro posouzení vhodnosti použití ultrazvukového svařování výstražných oděvů existuje celá řada metod. Hodnocení pevnosti konvenčního a nekonvenčního způsobu spojování lze provést na strojích Testometric.

Cílem této práce je ověřit možnost použití ultrazvukového svařování na výstražné oděvy. Celý experiment probíhal po konzultacích se společností Astona s.r.o., která používá ultrazvuk pro spojování výstražných oděvů.

2 Historie ultrazvukového svařování

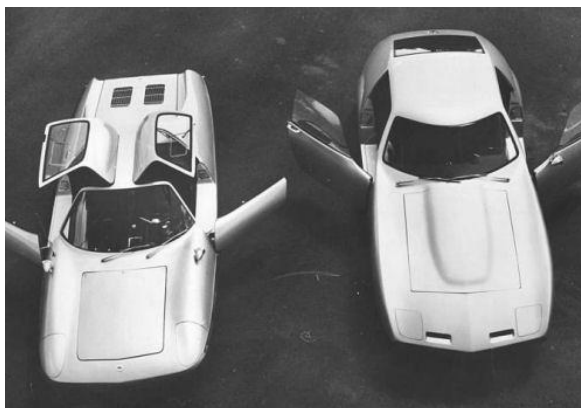
Informace o historii ultrazvuku a ultrazvukového svařování jsou zaměřeny hlavně na vznik a vývoj této technologie ve světě a také na historické využití u nás, respektive v tehdejší Československu.

2.1 Vznik a vývoj ultrazvukového svařování

Technologie ultrazvukového svařování byla vynalezena koncem čtyřicátých let dvacátého století, ovšem základním mezníkem pro průmyslové využití této technologie bylo až vydání patentu pro proces ultrazvukového svařování kovů v roce 1960 americké společnosti Aeroprojects Inc, která se později přejmenovala na Sonobond Ultrasonics. Tento krok znamenal posun v rostoucím elektronickém průmyslu, protože dovozoval svařovat jemné drátěné vazby.

Potenciálu nové technologie si zanedlouho všimli i ostatní a již v roce 1963 vznikl díky Robertovi Soloffovi, zakladateli společnosti Sonics & Materials Inc, postup, při kterém byl ultrazvuk využit ke svařování plastů. Zanedlouho dokázal vyvinout i samotný stroj, který mu byl posléze v roce 1965 patentován.

Díky této technologické revoluci začaly levné plasty nahrazovat ostatní materiály tam, kde dosud pro ně nebylo využití a tak třeba v roce 1969 byl vyroben první automobil, který měl podvozek a karoserii výhradně z plastu. Jednalo se o dvoudveřový automobil Formacar (obr. 1), který byl vyvinut inženýry ze společnosti BorgWarner Inc a byl sestaven díky ruční ultrazvukové svářečce. Toto vozidlo se sice v běžné výrobě neprosadilo, ale i tak odstartovalo revoluci v automobilovém průmyslu a hlavně odstartovalo revoluci v ultrazvukovém svařování [13].



Obr. 1 Automobil Formacar [13]

2.2 První ultrazvukové svařování v Československu

Historicky první ultrazvukovou svařovací jednotkou v tehdejším Československu bylo integrované pracoviště IP-UZB-1 (obr. 2), které bylo vyvinuto ve Výzkumném ústavu oděvním v Prostějově v druhé polovině dvacátého století. Stroj se podařilo vyvinout v rámci řešení výzkumné úlohy beznitného spojování textilií. Tento stroj byl primárně navržen na svařování horního okraje nakládané kapsy o maximální velikosti 150x200 mm. Kromě tohoto primárního účelu mohl být stroj nasazen i na svařování jiných výrobků například na svařování okrajů rukavic. Stroj zvládal za směnu udělat 3000 až 4500 kusů. Integrované pracoviště bylo celé složeno z osmi hlavních částí – stůl stroje, hlava svařovačky s nosným pilířem a základní deskou, nakládací plošina, podávací mechanismus, zakladač, odkládací mechanismus, pneumatický rozvod a elektrosoučásti. Stroj fungoval automaticky, pouze obsluha musela ukládat díly na nakládací plošinu a spouštět pracovní cyklus, který probíhal cca 3-5 sekund. Samostatný čas svařování horního okraje nakládané kapsy se pohyboval mezi 0,5-2 sekund [1].



Obr. 2 Pracoviště IP-UZB-1 [1]

3 Ultrazvuk a jeho využití

Pro komplexní pochopení ultrazvukového svařování, kterým se bakalářská práce zabývá, je nutné definovat zvuk jako takový.

Zvuk je druh mechanického vlnění v látkovém prostředí, jehož frekvence neboli počet cyklů za jednu sekundu, se udává v Hertzech (Hz). Frekvence zvuku se pohybuje v rozmezí 20 až 20 000 Hz, což je mez slyšitelnosti lidského ucha. Zvuk, který se pohybuje mimo toto rozmezí, označujeme infrazvuk a ultrazvuk. Infrazvuk je tedy mechanické vlnění s frekvencí pod 16 Hz a ultrazvuk je naopak vlnění s frekvencí vyšší než 20 000 Hz [6, 7].

A právě tato ultrazvuková energie se začala v posledním čtvrtstoletí rozvíjet a hromadně využívat. Využití ultrazvuku je díky tomuto trendu dnes velmi rozšířené a setkáme se s ním nejen ve strojírenství, lékařství, textilním průmyslu, ale i v potravinářství a ve vědě.

3.1 Ultrazvukové svařování textilií

Ultrazvukové svařování je metoda spojování látek a fólií, která nahrazuje tradiční způsoby a tvoří silné spoje při nízké energetické spotřebě. Jedná se o rychlejší, čistší, bezpečnější a hospodárnější způsob při spojování nebo i oddělování velkého množství materiálů [9].

Ultrazvukové svařování využívá ultrazvukovou vibrační energii, díky které se dají spojovat nebo oddělovat i ty nejjemnější látky a fólie. Je možné ho využít při spojování fólií, laminovaných látek, potahovaných materiálů, tkaných, netkaných nebo pletených textilií, ovšem s minimálním obsahem 40-60 % termoplastických vláken. Svařitelnost je ovšem ovlivněna i objemovou hmotností, a tak třeba materiály s vysokou dostavou a malou plošnou hmotností se svářejí mnohem obtížněji [2,3]

Materiály se v místě svaru sevrou mezi zdroj ultrazvukových vibrací a pevnou oporu určitou přitlačnou silou, kde po určitou dobu vibrace působí. Směr přívodu ultrazvukových vibrací musí být vždy kolmý ke svařovanému materiálu, díky čemuž dochází k zahřátí pouze v místě styku a nehrozí tak znečištění nebo poškození okolního materiálu. S tím souvisí i různé možnosti svařování:

- Rotační (průběžné) ultrazvukové spojování – tento způsob spojuje dvě nebo více vrstev materiálů tak, že tyto vrstvy projdou mezi otočným válcem a vibrující sonotrodou. Výsledný spoj si tak uchová vysoký stupeň měkkosti a prodyšnosti. Tyto vlastnosti jsou zvláště významné například pro nemocniční pláště, sterilní pomůcky a další vybavení v lékařství
- Ultrazvukové dělení – termoplastický materiál je dělen ultrazvukem, jeho okraje jsou zároveň zalaty a tím se zabrání třepení okrajů
- Ražení – jedná se o přerušovaný cyklus, kdy na upevněný materiál periodicky dopadá sonotroda a jednotlivé sváry tvoří malé plochy
- Traverzování – proces, při kterém sváry na upevněném materiálu vytváří pohybující se sonotroda [3,4,5].

Kvalita a pevnost spoje je zpravidla závislá na fyzikálních vlastnostech svařených materiálů a na technologických parametrech svařovacího procesu:

- Přítlačná síla – zabezpečuje přenos ultrazvukových vibrací do místa spoje a její velikost závisí na vlastnostech materiálu a ploše svaru
- Doba trvání svařování – je čas působení ultrazvukových vibrací na materiál
- Amplituda ultrazvukových vibrací – vyvolává tření a pohyb molekul, díky čemuž vzniká teplo potřebné k roztavení materiálů
- Pracovní frekvence – je daná konstrukcí generátoru ultrazvukové energie

Pro docílení kvalitních svárů je nutné nastavit všechny výše uvedené parametry do optimálních hodnot a při svařování více druhů materiálu na jednom stroji je nutné parametry pokaždé přednastavit [3, 6, 9].

Ultrazvukové svařování má několik podstatných výhod. Jedná se hlavně o úsporu času díky podstatnému zkrácení délky operací, zejména při zhotovování knoflíkových dírek a také možnost snadnější automatizace. Svařovací proces navíc nepotřebuje žádné další přídavné materiály a to vše při spotřebě elektrické energie rovné běžným šicím strojům. Další nespornou výhodou je, že při svařování není třeba používat jakákoliv rozpouštědla nebo lepidla a hotové výrobky jsou tak šetrné k životnímu prostředí a jsou připravené pro okamžité použití [8,9].

Mezi nevýhody ultrazvukového svařování patří nutnost přednastavení technologických parametrů na svařovacím stroji, dle použitého materiálu nebo druhu

operace. Tyto parametry je také vždy nutné nejdříve experimentálně určit. Dále není možné svářet materiály s nižším obsahem syntetických vláken a v některých případech se nedá dosáhnout kvalitního spojení kvůli nevhodné vazbě materiálu nebo jeho objemovou hmotností. Z toho vyplývá i vyšší náročnost na kvalifikaci obsluhy a údržby ultrazvukové svářečky [3].

3.1.1 Plastické zdobení oděvních výrobků

Ultrazvukovým svařováním lze plasticky zdobit objemnější materiály ze syntetických termoplastických vláken. Tato technologie se dá použít i na syntetické kůže a koženky. Na čele svařovacího nástroje je vytvořený požadovaný plastický motiv. Spoj, který následně vznikne, má menší tloušťku, než původní materiál. V místě svaru dochází k trvalé deformaci vláken. K vytvoření dostatečně výrazného efektu je nutné použít tuto technologii u silnějších materiálů. Například firma Direct Alpine používá tuto technologii u bundy Guid, znázorněné na (obr. 3) [1,20].



Obr. 3 Plastické zdobení [20]

3.2 Ultrazvukové stroje

Ultrazvukové stroje lze rozdělit do třech hlavních kategorií – dle způsobu svařování, konstrukce a typu sonotrody [6,9,26].

3.2.1 Rozdělení ultrazvukových strojů podle způsobu svařování

Ultrazvukové stroje v této kategorii se dále rozdělují na stroje s ručním svařováním a stroje se strojovým svařováním:

- Ruční svařování – ruční svářečky jsou určeny pro svařování, bodové svařování a nýtování termoplastických látek v těžko přístupných místech při montážích, zejména v automobilovém průmyslu. Frekvence těchto ručních ultrazvukových strojů se pohybuje od 20 000 Hz až po 40 000

Hz. Stroje dále disponují různými výměnnými nástavci pro různé druhy spojů. Na obrázku 4 je znázorněna ruční svářečka od firmy Sonitek [26].



Obr. 4 Ruční svářečka [28]

- Strojové svařování – tento typ ultrazvukových strojů se od ručních svářeček liší hlavně širší paletou využití, jelikož tyto stroje mají rozšířené možnosti svařování – rotační ultrazvukové spojování, ultrazvukové dělení, ražení a traverzování (podrobně popsáno ve druhé kapitole).

3.2.2 Rozdělení ultrazvukových strojů podle konstrukce

Stroje pro ultrazvukové svařování z této kategorie lze rozdělit na stroje tvarově podobné šicímu stroji, stroje se speciální konstrukcí a automatizované linky.

- Stroj tvarově podobný šicímu stroji - má manipulační schopnosti jako běžný šicí stroj s tím rozdílem, že zde není žádná jehla. Lze s nimi snadněji tvořit ultrazvukové spoje a křivky „cut&seal“, než u strojů s titanovým kolečkem. Konstrukce ultrazvukového stroje umožňuje spojování i zakřivených švů. Je ovládán jako klasický šicí stroj nožním pedálem a kolení patkou [29].
- Stroj se speciální konstrukcí – stroje se speciální konstrukcí se mohou pohybovat od jednoduchých ultrazvukových vystřihovacích strojů až po velmi složité speciální konstrukce. Je možné kombinovat několik druhů procesů jako je například rozvíjení strojů s otočným stolem, posuvné tabulky a otáčecí rámy. Dále je možné stroje sestavit tak, aby je bylo možné bez problému vsadit do stávající výrobní linky [31].

- Ultrazvukové automatizované linky – tento typ ultrazvukových strojů ovládá celý proces automaticky. Montované díly přecházejí automaticky do místa, kde jsou svařeny. Po dokončení svařovacího procesu jsou odebrány a přemístěny na odkládací plochu. Celý proces probíhá automaticky bez asistence obsluhy stroje [30].

3.2.3 Ultrazvukové stroje podle typu sonotrody

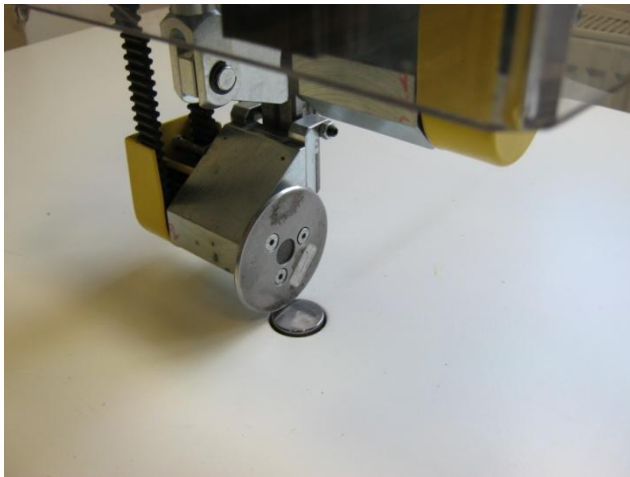
Sonotroda – může být vyměnitelná (různé nástavce) nebo pevná část stroje. Sonotrody přenášejí kmitání na svařovaný materiál. Jsou přitlačovány silou, která zajišťuje přenos ultrazvukových kmitů do místa spoje. Sonotrody jsou vyrobeny z titanu, hliníku nebo oceli. Vyměnitelné sonotrody, tzv. nástavce, mohou být kruhové, válcové, čtvercové, nebo se zuby. Různé druhy vyměnitelných sonotrod jsou zobrazeny na obrázku 5 [9].



Obr. 5 Vyměnitelné sonotrody [33]

Stroje podle typu sonotrody je možné rozdělit na stroje se sonotrodou statickou nebo rotační:

- Sonotroda statická – je pevná deska, kdy se při svařování pohybuje pouze horní titanové kolečko se vzorkem. Může proto docházet k rychlejšímu posouvání horní vrstvy materiálu a tudíž k nekvalitně provedenému spoji. Takovýto způsob sonotrody má například stroj značky Dukane, znázorněn na obrázku 6 [9].
- Sonotroda rotační – rotační sonotroda má tvar kolečka, jak je znázorněno na obrázku 7. Je vhodná pro spojování tenkých vrstev netkané textilie. Rotační sonotroda eliminuje problémy spojené s konvenčními statickými sonotrodami. Tento druh sonotrody se používá při velkokapacitní výrobě netkaných textilií, například 100m/min [9,32].



Obr. 6 Statická sonotroda [9]



Obr. 7 Rotační sonotroda [32]

4 Pracovní oděvy

Pracovní oděvy představují pracovní oblečení používané při práci, zaručující dostatečnou bezpečnost. Jsou vyráběny s ohledem na bezpečnost pracovníka a jeho pohodlí při práci. Veškeré pracovní oděvy splňují nařízení BOZP (bezpečnost a ochrana zdraví při práci) a vyhovují pracovním podmínkám. Do této kategorie se kromě kombinéz, bund a vest, řadí i pracovní košile, zástěry a doplňky jako čepice nebo rukavice. Veškeré pracovní oděvy by měly mít vysokou odolnost proti mechanickému poškození.

Pracovní oděvy se rozdělují do několika skupin – letní, zimní, jednorázové oděvy, oděvy pro gastronomii a volný čas a ochranné oděvy. Ochranné oděvy lze dále rozdělit: [18,19]

- Ochranné pracovní oděvy proti horku
- Ochranné pracovní oděvy proti chladu a chladnému prostředí
- Ochranné oděvy proti dešti
- Ochranné oděvy proti radioaktivní komunikaci
- Protichemické ochranné oděvy
- Výstražné oděvy

Ochranné pracovní oděvy proti horku mají speciální úpravu proti vznícení při kontaktu s vysokými teplotami nebo otevřeným ohněm, tyto oděvy využívají především hasiči, svářeči nebo skláři. Opakem jsou pracovní oděvy na ochranu proti chladu a chladnému prostředí, kde se jedná o oděvní části, jako jsou bundy, nebo celé oděvy tzv. kombinézy. Slouží jako ochrana proti prochladnutí těla při vykonávání venkovní práce např. ve stavebnictví. Oděvy chránící uživatele před deštěm patří do kategorie speciálních ochranných pracovních oděvů, slouží k ochraně proti nepříznivému počasí a mlze. Ochranné pracovní oděvy proti radioaktivní komunikaci jsou navrženy tak, aby chránili pouze tělo, paže a nohy nositele. Jsou to nevětrané ochranné oděvy proti kontaminaci radioaktivním prachem. Podobně jako ochranné pracovní oděvy proti radioaktivní komunikaci, fungují i protichemické ochranné oděvy. Ty mají za úkol ochránit nositele v případě vystavení rozstříku chemikálie. Mohou být ve formě kombinéz nebo jsou určeny na ochranu pouze určité části těla [18,19].

5 Výstražné oděvy

Poslední výše jmenovanou skupinou ochranných oděvů jsou výstražné oděvy, které jsou součástí i experimentální části této práce, a proto jsou v této kapitole rozvedeny podrobněji.

Jedná se o ochranné pracovní oděvy, které mají vizuálně signalizovat přítomnost nositele. Oděv musí být dobře viditelný při nebezpečných situacích, a to jak v denním světle, tak i ve světle automobilových reflektorů v noci. Používají podkladový materiál, který musí být dobře viditelný, a to až ve třech fluorescentních barvách – žlutá, oranžová a červená. Rozlišují se tři třídy viditelnosti a platí zde, čím vyšší třída, tím vyšší viditelnost oděvu. Pro každou třídu jsou přesně stanoveny plochy, které oděv musí obsahovat pro zajištění viditelnosti [15, 19].

5.1 Rozdělení

Výstražné oděvy se nejjednodušeji rozdělují na zimní a letní. Dále se reflexní oděvy dají rozdělit na oděvy pro profesionální použití, pro neprofesionální použití a na výstražné doplňky. Mezi výstražné oděvy se řadí bundy (obr. 8), kalhoty, pláště, overaly, komplety, vesty (obr. 9), trika, košile. Jako doplňky jsou zde zastoupeny čepice, kšiltovky, šle, reflexní pásky, batohy, šátky, sáčky, samolepky, přívěsky nebo oblečky pro psy [23,24].



Obr. 8 Výstražná bunda [24]



Obr. 9 Výstražná vesta dětská [23]

5.2 Materiály výstražných oděvů

Materiály pro výstražné oděvy s vysokou viditelností musí splňovat požadavky kladené normou ČSN EN 471+A1 (832820) Výstražné oděvy s vysokou viditelností pro profesionální použití. Metody zkoušení a požadavky. Norma přesně uvádí: „*Požadavky na provedení nápadných materiálů, které mají být použity v oděvech s vysokou viditelností, jsou specifikovány společně s jejich minimálními plochami a umístěním. Viditelnost je zlepšena vysokým kontrastem oděvu vzhledem k prostředí, proti kterému je pozorováno, a je dána velkými plochami nápadných materiálů.*“ [15]

5.2.1 Podkladový materiál

Podkladové materiály jsou tzv. fluorescenční materiály – jsou to materiály, které zvyšují viditelnost za denního světla a za soumraku, bohužel ve tmě svou funkci ztrácejí. Podkladový materiál je ve třech základních barvách fluorescenční žlutá, fluorescenční oranžovo-červená a fluorescenční červená [16].

Výstražné oděvy se vyrábějí z podkladových materiálů:

- **Porotex** - jedná se o jednozátěrové impregnované tkaniny s vlastnostmi paropropustnosti a nepromokavosti. Jsou vhodné pro sportovní oblečení.
Složení: podklad 100% Polyester, nános 100% Polyuretan
Technická data: nepromokavost, propustnost vodních par, prodyšnost
Splňuje normy:
ČSN EN 471+A1 - Výstražné oděvy s vysokou viditelností pro profesionální použití
ČSN EN 343+A1 – Ochranné oděvy – Ochrana proti dešti
- **Collection 150 plus** – jednozátěrový materiál, vhodný pro sportovní oblečení.
Složení: podklad 100% polyester, nános 100% polyuretan
Technická data: nepromokavost, propustnost vodních par a prodyšnost
Splňuje normy:
ČSN EN 471+A1 - Výstražné oděvy s vysokou viditelností pro profesionální použití
ČSN EN 343+A1 – Ochranné oděvy – Ochrana proti dešti

- **Vinitol** – Jednozátěrová impregnovaná tkanina, vhodná pro zdravotnická zařízení.

Složení: 100% Polyester, nános-100% polyuretan

Technická data: nepromokavost, dle požadavku prodyšnost, a propustnost vodních par

Splňuje normy:

ČSN EN 471+A1 - Výstražné oděvy s vysokou viditelností pro profesionální použití. Metody zkoušení a požadavky

ČSN EN 343+A1 – Ochranné oděvy – Ochrana proti dešti [24]

5.2.2 Retroreflexní materiály

Retroreflexní materiály fungují na principu zpětného odrazu světla, což je fyzikální vlastnost, kdy světelné paprsky dopadají na povrch reflexního materiálu, odrážejí se a v úzkém kuželu dopadají zpět přímo ke zdroji světla, a to vše až na vzdálenost 200 metrů. Na obrázku 10 je vidět, jak tyto materiály zajišťují ve tmě a při snížené viditelnosti zářivě bílý odraz světla. Viditelnost těchto materiálů je v noci až 3x větší než u bílého oblečení a až 10x větší než u modrého oblečení [16].



Obr. 10 Retroreflexní pásy ve dne a v noci [34]

V tabulce 1 jsou uvedeny čtyři druhy barevného oblečení s porovnáním s oblečením reflexním.

Tab. 1 Porovnání barevného oblečení s oblečením reflexním [18]

Barva oblečení	Vzdálenost viditelnosti [m]
Modré oblečení	18
Červené oblečení	24
Žluté oblečení	37
Bílé oblečení	55
Reflexní oblečení	200

Retroreflexní materiály zajišťují zvýraznění daného objektu za snížené viditelnosti, čímž se zvyšuje bezpečnost především v silničním provozu. Retroreflexní výrobky je možné rozdělit do pěti základních skupin:

- **Našivací** – Našivací pásy se našívají na daný oděv nebo výrobek. Materiál se vyrábí ve formě pásy nebo v metráži do šíře 60cm. Používá se na pracovní a sportovní oděvy, vesty, trička nebo školní brašny.
- **Nažehlovací** – Nažehlovací materiál je určen k nažehlování nebo tepelnému lisování na ochranné a pracovní oděvy, sportovní oblečení, školní brašny nebo jiné výrobky. Materiál se vyrábí v plné šíři (metráž) nebo ve formě pásek libovolné šíře.
- **Kombinované** – Pásy obsahují jak retroreflexní materiál, tak i materiál podkladový (fluorescenční). Kombinované pásy zaručují, že nositel je vidět ve dne i v noci. Tyto pásy se aplikují na sportovní a pracovní oděvy, školní brašny a jiné výrobky, a plní tak ochranou i ozdobnou funkci.
- **Nehořlavé** – Nehořlavé našivací nebo nažehlovací materiály jsou určeny pro zviditelnění osob za snížené viditelnosti. Zvyšují bezpečnostní funkce ochranných oděvů používaných hasiči či svářeči. Tento materiál je používán pro pracovní oděvy převážně v těžkém průmyslu.
- **Hotové výrobky a doplňky** – Mezi hotové výrobky řadíme oblečení již připravené k nošení, například vesty pro děti. Jako doplňky jsou zde uvedeny například výpustky tzv. paspule, kterými je možné doplnit oděv, nebo jiný výrobek. Zlepšují viditelnost a zároveň slouží jako ozdobný prvek. Dalším

doplňkem oděvu nebo jiného výrobku jsou reflexní nášivky, které je možné našít prakticky na cokoliv. Nášivky mohou být našívací či nažehlovací. Posledním doplňkem jsou pásy na suchý zip, které jsou vhodné zejména pro cyklisty, běžce, chodce. Upevňují se snadno kolem ruky nebo nohy. Snadné zapínání zajišťuje dokonalé přizpůsobení požadované velikosti [17].

5.3 Podmínky certifikace výstražného oděvu

Výstražný oděv klade důraz na ochranu uživatele při provozování činnosti za špatných viditelných podmínek. Aby oděv mohl být považován za výstražný oděv, musí být pod dohledem certifikačního orgánu. Certifikace je postup, kdy třetí strana poskytuje písemnou formou ubezpečení, že daný produkt je ve shodě se specifikovanými požadavky.

Vlastnosti jaké má výstražný oděv pro profesionální použití splňovat jsou popsány v normě ČSN EN 471+A1 Výstražné oděvy s vysokou viditelností pro profesionální použití, dále norma ČSN EN 1150 Výstražné oděvy s vysokou viditelností pro neprofesionální použití. Poslední norma, která se problematiky týká, je zaměřena na doplňky a její přesný název zní ČSN EN 13356 Výstražné doplňky pro neprofesionální použití.

Evropská norma **ČSN EN 471+A1 Výstražné oděvy s vysokou viditelností pro profesionální použití** definuje požadavky na oděv, který je schopný vizuálně signalizovat přítomnost uživatele. Dále upravuje výběr úrovně osobní ochrany, který by měl být založen na výsledku posouzení rizik. V normě jsou stanoveny minimální úrovně a hodnoty technických požadavků na provedení a je stanoveno, že určitý oděv je přesně určen k dané ochranné funkci. Norma také určuje provedení oděvu, minimální požadované plochy nápaditých materiálů, metody zkoušek pro podkladové i pro retroreflexní materiály. V normě je dále samozřejmě obsaženo i značení, příklady umístění retroreflexního materiálu na oděvy, požadavky na pevnost, stálobarevnost, oděr, praní a chemické čištění.

5.4 Obecné provedení oděvu

Úrovně provedení specifikované v této evropské normě mohou být dosaženy použitím oděvní součásti nebo sestavy kompletu. Výstražné oděvy jsou seskupeny do tří tříd. Oděv každé třídy musí mít určitou minimální plochu nápadných materiálů. Jak je uvedeno v tabulce 2, oděv musí obsahovat požadované plochy podkladového a retroreflexního materiálu [15].

Tab. 2 Minimální požadované plochy nápadného materiálu v m² [15]

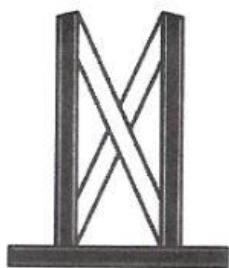
	Oděvy třídy 3	Oděvy třídy 2	Oděvy třídy 1
Podkladový materiál	0,80	0,50	0,14
Retroreflexní materiál	0,20	0,13	0,10

Typ oděvu – výstražný oděv musí uživateli zajišťovat ochranu v podobě dobré viditelnosti. Podkladový materiál musí obepínat trup nositele, popřípadě rukávy a nohavice. Šířka pásů retroreflexního materiálu nesmí být menší než 50 mm. Tělo i končetiny musí být opatřeny 2 horizontálními pruhy retroreflexního materiálu.

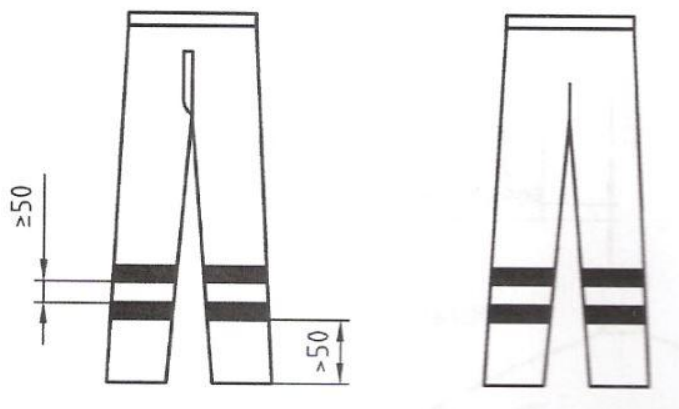
Typ oděvu třídy 1 – Je to nejnižší úroveň ochrany, kdy oděv této třídy obsahuje nejméně nápadných materiálů. Tento typ oděvu se doporučuje používat v případě, že je zde minimální kontakt s vozidly, nebo v pomalu jedoucím provozu. Používají je poštovní doručovatelé, kurýři a řidiči z povolání. Do této třídy patří kalhoty do pasu a šle znázorněné na obrázku 11 a 12.

Typ oděvu třídy 2 – Tato třída dává mnohem lepší ochranu než třída 1, a to především za soumraku nebo mlhy. Celková fluorescenční plocha musí být minimálně 0,5m² a plocha reflexního materiálu 0,13m². Oděvy třídy 2 jsou využívány při svozu odpadu, vyměřování nových pozemních komunikací a při provozování záchranné zdravotní služby. Do této kategorie patří vesty bez rukávů a kalhoty s lacem (obr. 13 a 14).

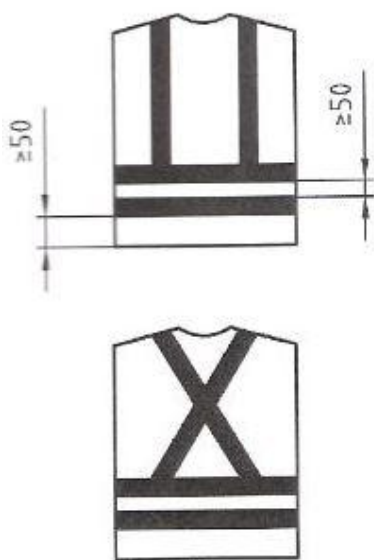
Typ oděvu třídy 3 – To je nejvyšší úroveň ochrany pracovních oděvů. Celková plocha podkladových (fluorescenčních) materiálů a retroreflexních materiálů je samozřejmě také nejvyšší. Oděvy nejvyšší třídy jsou používány zejména leteckým personálem na letištní ploše, při práci na inženýrských sítích a při práci na stávajících pozemních komunikacích (opravy, údržba). Do nejvyšší třídy patří bundy a kabáty s rukávy, kombinézy a dvoudílné soupravy znázorněné na obrázku 15 a 16 [15, 35].



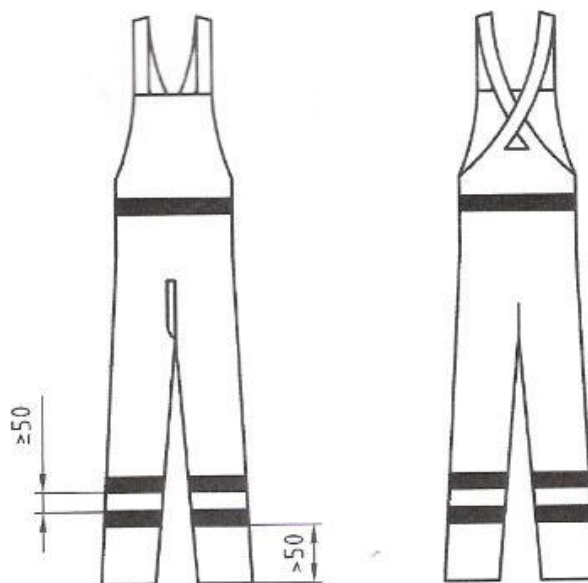
Obr. 11 Šle [15]



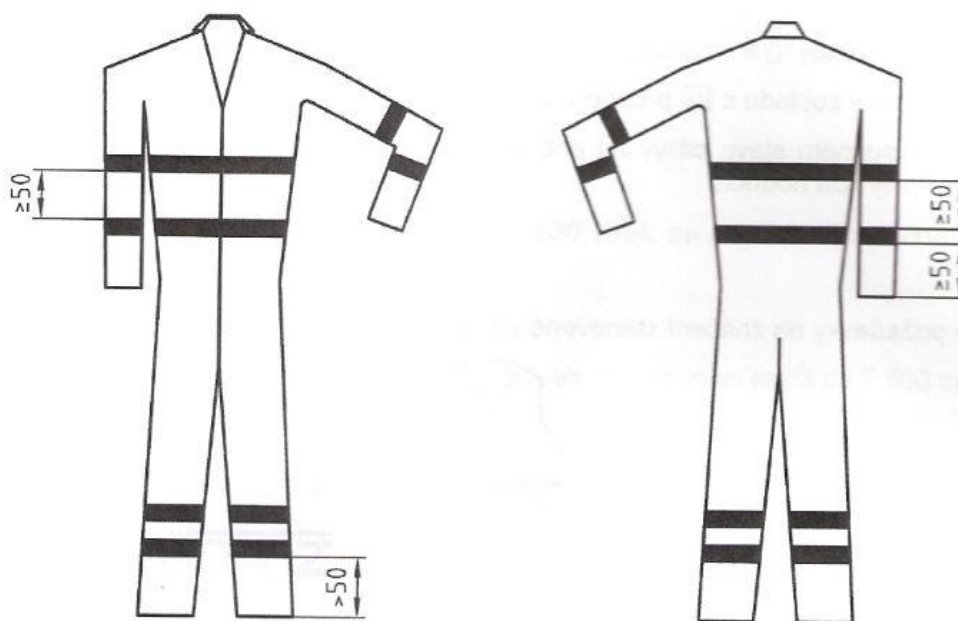
Obr. 12 Kalhoty do pasu [15]



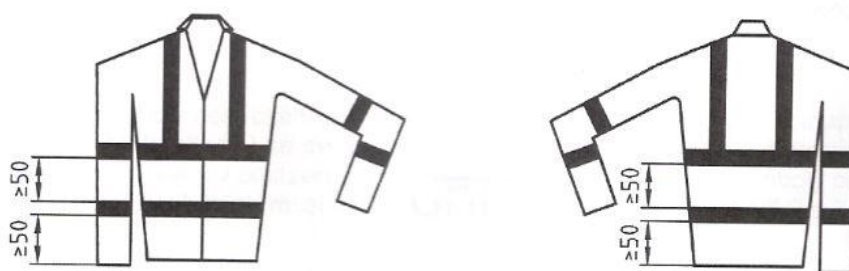
Obr. 13 Vesta [15]



Obr. 14 Kalhoty s lacem [15]



Obr. 15 Kombinéza [15]



Obr. 16 Bunda [15]

5.5 Použití ultrazvukového svařování na výstražných oděvech

Následující část této práce je zaměřena na konkrétní typy výstražných oděvů, jejich technický nákres a popis. A protože se u níže popsaných výrobků s ultrazvukovými sváry zpravidla nesetkáme, je tato kapitola, po konzultaci se společností Astona s.r.o., také zaměřena na místa, kde by se právě ultrazvukový spoj dal případně použít.

5.5.1 Pánský plášť

Pánský výstražný plášť je dlouhý do půlky stehen (obr. 17). Plášť je střižen ze dvou předních dílů, na kterých jsou vypracované výpustkové kapsy s patkou. Zadní díl je hladký. Rukávy jsou jednodílné hlavicové, dolní šířka rukávů je regulovatelná patkou, zapínanou na stuhový uzávěr. Rukávy jsou odnímatelné, do průramků s ponechaným nákrtem a do hlavičky rukávu je našito zdrhovadlo. Plášť se zapíná na zdrhovadlo, kryté lištou se stuhovými uzávěry. Do průkrčníku je vsazen límec s dvoudílnou kapucí. Kapuce je po obvodu obličeje stažena šňůrkou s brzdami a koncovkami. Švové záložky jsou podlepeny proti průsaku vody. Po obvodu pláště včetně rukávů je našita retroreflexní šedá páska šíře 5 cm ve dvou pruzích nad sebou, s umístěním podle normy ČSN EN 471+A1 dle referenčního vzoru. Páska na rukávech musí výškově navazovat na pásy na těle. Plášť může být vyroben ve variantě s odnímatelnou zateplovací vložkou. Výstražná bunda je tvořena z hřbetových a přeplátovaných švů.

Ultrazvukový svár by mohl být použit na náramenicové a boční švy, případně k navaření zdrhovadla. Další možností by mohlo být navaření výpustek a patek u výpustkových kapes. U ostatních švů, jako je límec v průkrčníku nebo rukávy v průramku, mohou nastat problémy ohledně svařování do tvaru a například u podpažního švu rukávu dochází k velkému namáhání, proto také není vhodný pro ultrazvukové svařování [25].



Obr. 17 Pánský plášť [24]

5.5.2 Pánské kalhoty

Pánské výstražné kalhoty znázorněné na obrázku 18 jsou střiženy ze čtyř dílů spojených bočním, krokovým a sedovým švem. Pasový límec má všitou pruženku a středem pasového límce je protažena šňůrka s koncovkami k regulaci obvodu. V bočních švech jsou zhotoveny klínové kapsy. Dolní okraj nohavic je regulován pruženkou. Po obvodu nohavic v dolní části je našita retroreflexní šedá páska šíře 5 cm ve dvou pruzích. Umístění pásy odpovídá normě ČSN EN 471+A1 dle referenčního vzorku. Montážní švy kalhot jsou podlepeny proti průsaku vody. Kalhoty mohou být vyrobeny ve variantě s odnímatelnou zateplovací vložkou.

Ultrazvukové svařování by mohlo být použité na boční a krokové švy. Problematickým místem na těchto kalhotách je pasový límec se šňůrkou pro regulaci obvodu, kde by případný ultrazvukový svár mohl popraskat spíše, než šitý spoj [25].



Obr. 18 Pánské kalhoty [24]

6 Experimentální část

Cílem experimentální části této práce je hodnocení pevnosti ultrazvukového spoje „Cut&Seal“ v porovnání se spojem šitým. Celá experimentální část byla provedena za úzké spolupráce s firmou Astona, kde byly přesně konzultovány vhodné švy a spoje pro typ pláště, popsany výše.

Měření pevnosti probíhalo ve dvou částech, v první části byly vzorky namáhány na stroji TESTOMETRIC M350-5CT, známým převážně pod názvem „trhačka“ a v druhé části měření probíhala na stroji TESTOMETRIC M350-10CT, nazývaným také jako „průtlak kuličkou“. Měření probíhalo pod dohledem zkušených pracovníků v laboratořích Katedry oděvnictví a Katedry textilních technologií.

Vzorky byly předem rozděleny do několika skupin, vždy po pěti:

- **skupina 1** – vzorky bez spoje pro měření pevnosti materiálu
- **skupina 2** – vzorky s ultrazvukovým spojem Cut&Seal
- **skupina 3** – vzorky svařeny ultrazvukovým spojem a podlepeny termoplastickou páskou
- **skupina 4** – vzorky byly připraveny jako vzorky ze skupiny 3, a byly podrobeny ultrafialovému záření
- **skupina 5** – vzorky byly připraveny stejně jako ve skupině 3, ale navíc byly podrobeny cyklu praní
- **skupina 6** – vzorky po konzultaci s firmou Astona, kde byly nejdříve sešity a následně prošity pro typ pláště Jupiter IV
- **skupina 7** – vzorky připravené přesně jako vzorky ze skupiny 5, ovšem navíc byly podlepeny termoplastickou páskou
- **skupina 8** – vzorky byly připraveny stejně jako ve skupině 7, a byly podrobeny ultrafialovému záření
- **skupina 9** – vzorky byly připraveny jako vzorky ze skupiny 7, ale byly podrobeny cyklu praní

Vzorky hodnocených materiálů jsou uvedeny v příloze č. 1.

6.1 Charakteristika použitých materiálů

Tato experimentální část byla zaměřena na hodnocení třech druhů materiálu, stejného materiálového složení, povrchové úpravy a stejné vazby. Charakteristika použitých materiálů je uvedena v tabulce 3. Tabulka obsahuje označení materiálu, vazbu, materiálové složení, povrchovou úpravu, dostavu osnovy, dostavu útku, tloušťku materiálu a plošnou hmotnost. Materiály byly poskytnuty firmou Astona i s materiálovými kartami.

Tab. 3: Charakteristika hodnocených materiálů

Označení materiálu	Vazba	Mat. složení	Povrch. úprava	D _o [nití/10cm]	D _u [nití/10cm]	h [mm]	M _p [g/m ²]
Mat. č. 1	Plátno	100% PL	PU nános	215	205	0,27	215
Mat. č. 2	Plátno	100% PL	PU nános	285	265	0,19	170
Mat. č. 3	Plátno	100% PL	PU nános	290	270	0,17	150

Část vzorků, jak je uvedeno v kapitole experimentální část, je podlepena termoplastickou páskou FB-025/2. V tabulce 4 jsou uvedeny parametry podlepovací pásky. Tabulka uvádí označení pásky, materiálové složení, hmotnost folie, celkovou šířku, barvu a materiál, na kterém je páska připevněna. Ukázka podlepovací pásky je vložena v příloze 1.

Tab. 4 Charakteristika podlepovací pásky

Označení pásky	Materiálové složení	M _p [g/m ²]	Celková šíře [cm]	Barva	Textil
Páska 1	100% PU	100	2	transparentní	Podkladový papír

6.2 Charakteristika použitých zařízení

V kapitole charakteristika použitých zařízení byla podrobně popsána zařízení použitá pro experimentální část. Postupně jsou zde přiblíženy stroje jako ultrazvukový stroj pro ultrazvukové svařování, šicí stroj, na kterém byly materiály sešity, svařovací

stroj, kterým byly materiály podlepeny termoplastickou páskou, Atlas UVCON a pračka. Dále jsou zde popsány stroje pro provedení měření pevnosti materiálů.

6.2.1 Nekonenční způsob spojování

Pro svařování vzorků byl použit svařovací stroj PFAFF 8310 (obr. 19). Svařovaný materiál je upevněn pod neustálým tlakem mezi točité titanové kolečko a sonotrodu, která má také tvar kolečka. Na stoju je možné nastavit svařovací rychlost, výkon a tlak. Titanová kolečka lze snadno měnit a jsou dostupná v různých motivech a šířkách. Po následující experiment bylo použito titanové kolečko cut&seal [36,37].



Obr. 19 Ultrazvukový stroj PFAFF 8310 [36]

Ultrazvukový stroj PFAFF 8310 byl použit pro svařování hodnocených vzorků. Pro každý použitý materiál bylo nutné stroj přednastavit podle jeho parametrů. Parametry pro efektivní svařování jsou uvedeny v tabulce 5. V tabulce jsou uvedeny parametry nastavující se na ultrazvukovém stroji – vzdálenost, rychlost svařování, tlak a procenta.

Tab. 5 Parametry pro svařování

Materiál	Vzdálenost	Rychlost [m/min]	Tlak [bar]	Procenta [%]
Materiál č. 1	0,14	0,2	0,9	22
Materiál č. 2	0,12	0,2	0,9	20
Materiál č. 3	0,12	0,2	0,9	19

6.2.2 Konvenční spojování materiálů

Pro možnost porovnání nekonvenčního spojování s konvenčním spojováním, byly vzorky sešity na klasickém šicím stroji. Pro spojování byl použit jednojehlový šicí stroj s vázaným stehem značky BROTHER (obr. 20). Vzorky byly sešívány v celé šířce 500 mm přeplátovaným švem, kdy polovina materiálu byla následně podlepena termoplastickou páskou. Vzorky byly takto připraveny v přímé spolupráci s firmou Astona, a byly připraveny přesně tak, jak by byly zhotoveny na plášť popsaný výše.

Vzorky byly připraveny na šicím stroji BROTHER DB2-B755-403A. Stroj je vhodný pro lehké, středně těžké nebo těžké tkaniny, rychlost stroje je 5000st./min. Stroj disponuje spodním podáváním. Stroj byl pro sešívání nastaven na 3stehy/cm. K sešívání vzorků byly použité polyesterové nitě 14 x 2 x Z. Jedná se tedy, o nit skanou ze dvou přízí o jemnosti 14tex s pravým zákrutem. Všechny barevné odstíny nitě jsou uvedeny v příloze 1 [38].



Obr. 20 Šicí stroj BROTHER DB2-B755-403A [39]

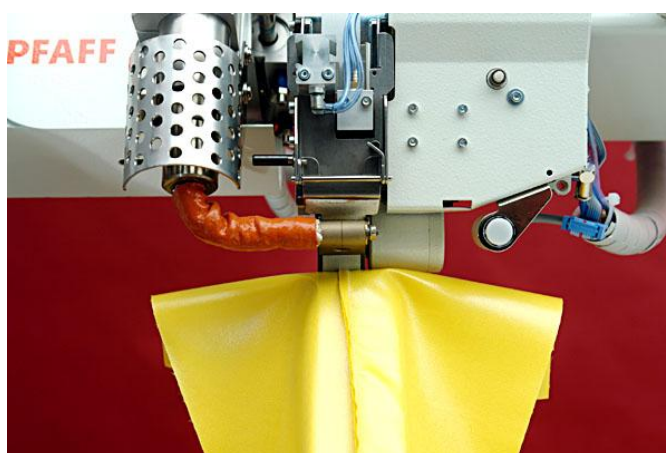
6.2.3 Charakteristika svařovacího stroje

Pro podlepování švů byl použit svařovací stroj PFAFF 8330 (obr. 21), který byl speciálně vyvinut pro podlepování švů voděodolných a nepromokavých materiálů. Svařovací stroj umožňuje kvalitně podlepit různé druhy švů termoplastickou páskou pro zajištění nepropustnosti vody v místě spoje. Páska je na cívce lepicí stranou vně a je vedena přes střihače pásky, který pásku stříhá na požadovanou délku. Páska dále pokračuje k dvojici podávacích válečků, dva samostatné hnací motory pro horní a spodní podávací váleček zaručují optimální přizpůsobení na provoz. Podávací válečky je možné měnit, a to z kovových na gumové, nebo je možné válečky kombinovat.

Teplota spojování může být až 650°C, rychlost svařování až 10 m/min, a šířka pásky se může pohybovat od 0,4 – 26 mm. Na obrázku 22 je ukázka svařovacího stroje při práci [36].



Obr. 21 Svařovací stroj [36]



Obr. 22 Stroj PFAFF 8330 v činnosti [40]

Pro podlepování švů pro experimentální část byla použita podlepovací páska typu FB 025/2 firmy Gumotex, jejíž parametry jsou uvedeny v kapitole „charakteristika použitých materiálů“. Pro podlepování na svařovacím stroji PFAFF 8330 je nutné správně nastavit parametry stroje. Páska se nesmí při svařování tavit nebo jakkoliv deformovat a musí správně přilnout k podlepovanému materiálu. Zda páska správně přilnula k polepovacímu materiálu lze poznat tak, že při pokusu o strhnutí pásky je stržen i nános materiálu. V tabulce 6 jsou uvedeny nastavené parametry pro svařování, nastavuje se rychlost svařování, přítlak válečků, teplota svařování a přívod vzduchu. Z tabulky je patrné, že pro všechny tři druhy materiálu byl stroj nastaven stejně.

Tab. 6 Parametry pro podlepování

Označení materiálu	Rychlost [m/min]	Přívod vzduchu [bar]	Přítlak válečků [bar]	Teplota [°C]
Materiál 1	5	0,5	3,4	400
Materiál 2	5	0,5	3,4	400
Materiál 3	5	0,5	3,4	400

6.2.4 Údržba reflexních oděvů a nastavení parametrů praní

Pro nejvěrnější simulaci běžného užívání oděvů bylo pro údržbu materiálů zvoleno praní, a to jako jedna z nejběžnějších činností při údržbě textilií. Pro odstranění běžných nečistot je tedy praní, díky mechanické síle a pracím prostředkům, nejvhodnější.

Vzorky byly v této části podrobeny opakovanému cyklu praní, pro porovnání pevnosti vzorků před a po praní. Praní probíhalo v pěti cyklech v pračce typu SAMSUNG WF1802WFVS. Předem plněná pračka Samsung je vybavená pracím programem, který umožní nastavit prací cyklus podle potřeby na 15-90 minut. Příklad je vybaven systémem pro lepší rozpuštění pracího prostředku. Praní probíhalo podle normy ČSN EN ISO 6330 Textilie – Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií.

Parametry pro praní jsou uvedeny v tabulce 7. V tabulce je uveden program, teplota praní, počet otáček a čas praní.

Tab. 7: Parametry pro praní

Označení materiálu	Program	Délka [min]	Stupně [°C]	Aviváž	Ždímání [otáčky]
Materiál 1	Rychlý	37	40	Bez	400
Materiál 2	Rychlý	37	40	Bez	400
Materiál 3	Rychlý	37	40	Bez	400

6.2.5 Charakteristika přístroje Atlas UVCON

Atlas UVCON je přístroj pro simulaci povětrnostních podmínek. Přístroj reprodukuje škody způsobené slunečním zářením, deštěm a rosou. Atlas Uvcon testuje

materiály tím, že je vystavuje střídavě cyklu světla a cyklu vlhkosti. Simulace slunečního světla je prováděna pomocí ultrafialových zářivek, a vlhkost je simulována rozstřikováním vody. Teplota se pohybuje v rozmezí 40-90°C. Lampa UVA-340 poskytuje vynikající simulaci slunečního záření v oblasti až 365 nm [43].

Přístroj byl nastaven na teplotu 50°C a vzorky byly ozařovány týden. V následující tabulce je uveden počet hodin ozařování UV lampami, a celkový počet hodin stroje. Tabulka znázorňuje stav hodin před a po ozáření. Je tedy patrné, že cykly ozáření trvaly průměrně 16897,5 hodin.

Tab. 8: Doba ozařování

	UV záření		Celkový počet	
	Před ozářením	Po ozáření	Před ozářením	Po ozáření
1 cyklus	1320742	1337813	1688228	1705299
2 cyklus	1337813	1354537	1705299	1722023

6.3 Přístroj TESTOMETRIC M350-5CT

Pro měření pevnosti švů byl použit stroj Testometric M350-5 CT nazývaný jako „trhačka“. Model M350-5CT je stolní dvousloupový zkušební trhací stroj, který je kompletně řízen přes PC. Stroj je plně konfigurován tak, aby splňoval zkoušení dle všech platných světových i evropských norem. Rám stroje je tuhý, používající dvojité vedení a tuhost rámu je 50 kN. Tento přístroj zaznamenává maximální sílu do přetrhu materiálu a maximální sílu do přetrhu švu. Přístroj má dva druhy čelistí, kdy jedny jsou pro měření plošných textilií a druhé jsou pro měření délkových textilií. Zkušební stroj zajišťuje konstantní rychlost protažení a to 100 mm/min, zpětný chod stroje je 500 mm/min. Pro spuštění stroje je nutné nastavit rychlost napínání a tloušťku materiálu [41].

6.3.1 Princip zkoušky

Měření pevnosti švů plošných textilií je definováno v normě ČSN EN Textile – Tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfekčních výrobků – Část 1: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Strip.

Vzorky byly připraveny do jednotlivých skupin. Tvary jednotlivých zkušebních vzorků jsou znázorněny na obrázku 23, rozměry jsou uváděny v milimetrech. Vzorek byl upnut do horní a spodní čelisti (čelist nesmí prokluzovat) tak, aby byl ve středu

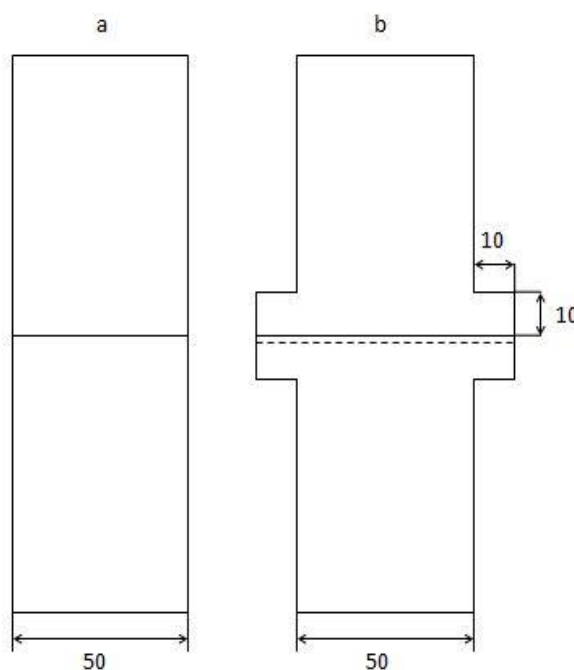
čelistí. Svorky byly nastaveny na upínací délku 200 mm. Přístroj se pohyboval konstantní rychlostí 100 mm/min. Před začátkem zkoušky museli být nastaveny specifické parametry pro konkrétní materiál. Jakmile byly parametry zadány, stroj byl připraven pro vykonání zkoušky.

Podstata zkoušky pevnosti je protahování zkušební vzorku plošné textilie se švem uprostřed čelistí, dokud materiál nepraskne. Po přetržení se čelist vrací zpět do výchozí pozice rychlostí 500 mm/min.

6.3.1.1 Naměřené hodnoty

Výstupní parametry:

- Nejvyšší pevnost [N]
- Prodloužení při nejvyšší pevnosti [mm]
- Tažnost při nejvyšší pevnosti [%]



Obr. 23 Připravené vzorky pro trhačku:

a – svařený vzorek, b – sešitý vzorek

6.4 Přístroj TESTOMETRIC M350-10CT

Ve druhé části experimentu měření pevnosti probíhalo na přístroji Testometric M350-10 CT (obr. 24). Model M350-10CT je stolní dvousloupový zkušební trhací stroj, který je kompletně řízen přes PC. Stroj je plně konfigurován tak, aby splňoval

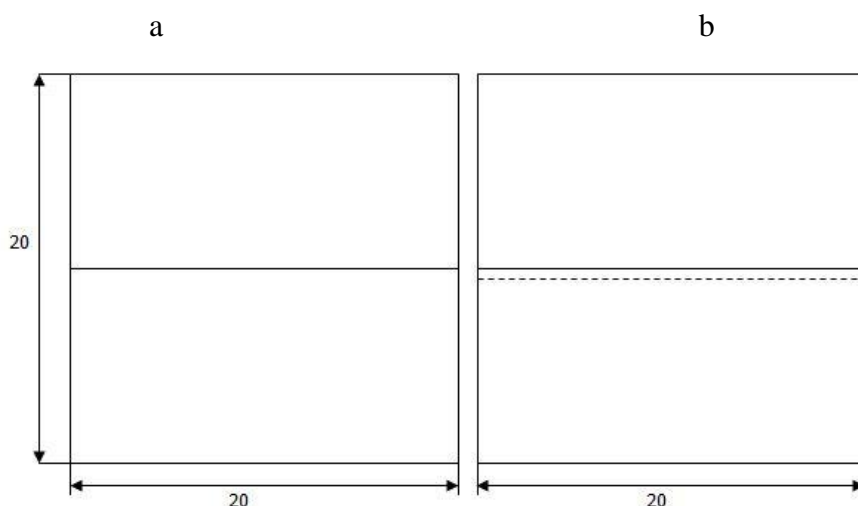
zkoušení dle všech platných světových i evropských norem. Přístroj se pohybuje v opačném směru než „trhačka“ - čelisti stroje Testometric M350-5CT se pohybují směrem nahoru a natahují materiál do přetrhu. Model M350-10CT má různé druhy nástavců, které se pohybují směrem dolů. Zkušební stroj zajišťuje konstantní rychlost protažení a to 100 mm/min, zpětný chod stroje je 500 mm/min. Pro spuštění stroje je nutné nastavit rychlost napínání a tloušťku materiálu [42].



Obr. 24 Přístroj Testometric M350-10CT [42]

6.4.1 Princip zkoušky

Zkouška průtlaku byla prováděna po klimatizaci vzorků. Vzorky byly připraveny, jak již bylo popsáno v kapitole „experimentální část“, do jednotlivých skupin. Tvary jednotlivých zkušebních vzorků jsou znázorněny na obrázku 25, rozměry jsou uváděny v milimetrech.



Obr. 25 Připravené vzorky pro průtlak

a – svařený vzorek, b – sešitý vzorek

Vystřižený vzorek byl vložen mezi horní a spodní čelist. Obě čelisti mají ve středu otvor, aby jím mohla projít kulička, upevněná v rámu. Celý průběh zkoušky se řídil přes zkušební program **winTestTM Analysis**. Po zadání potřebných parametrů – identifikační číslo, název vzorku a rychlost zkoušky (100mm/min.) – mohla být kulička uvedena do chodu. Zkušební vzorek byl napínán až do přetrhu, poté se rám s kuličkou vrátil [42].

6.4.1.1 Naměřené hodnoty

Výstupní parametry:

- Práce při přetrhu [N.mm]
- Roztažení při přetrhu [mm]
- Nejvyšší pevnost [N]
- Pevnost v průrazu [N]
- Práce při přetrhu [N.m]
- Roztažení při nejvyšší síle [mm]

6.5 Vyhodnocení pevnosti materiálů

Jak již bylo popsáno výše, měření probíhalo ve dvou částech, v první části měření probíhalo na přístroji TESTOMETRIC M350-5CT, a v části druhé probíhalo měření na stroji TESTOMETRIC M350-10CT. V následujících kapitolách bylo popsáno vyhodnocení pro oba přístroje. Pro vyhodnocení statistického zpracování bylo potřeba použít statistické vzorce pro aritmetický průměr, rozptyl, směrodatnou odchylku, variační koeficient a interval spolehlivosti.

6.5.1 Vyhodnocení měření pevnosti z přístroje TESTOMETRIC M350-5CT

Vyhodnocování tahové zkoušky vycházelo ze zkoušky podle normy ČSN EN ISO 13935-1, které byly vzorky podrobeny. Předmětem zkoušky zůstává maximální pevnost F [N]. V tabulce 9 a v grafu na obrázku 26, jsou uvedeny průměrné hodnoty pevností pro všechny měřené vzorky zhotovené ve směru osnovy. Tabulka obsahuje hodnoty materiálů bez spojů, materiálů svařených, materiálů šitých, materiálů podlepených a materiálů po praní. Jsou zde porovnány průměrné hodnoty pro jednotlivé skupiny vzorků, i průměrné hodnoty pro jednotlivé materiály. Průměrné hodnoty pevnosti a statistické zpracování jsou uvedeny pro každý materiál zvlášť v příloze 2.

V grafech na obrázcích 27, 28, 29 jsou pro větší přehlednost uvedeny průměrné hodnoty pro samotný materiál, ultrazvukový podlepený spoj a pro šitý podlepený spoj.

Tab. 9: Průměrné hodnoty pevnosti vzorků

Průměrné hodnoty pevnosti vzorků [N]				
		Materiál 1	Materiál 2	Materiál 3
Materiál	A	877,58	783,78	526,27
Ultrazvukový spoj	B	34,22	30,56	9,20
	C	125,53	77,92	65,58
	D	122,20	72,76	63,26
	E	109,03	72,70	54,82
Šitý spoj	F	372,18	362,35	217,41
	G	552,40	535,3	387,2
	H	543,37	529,72	380,71
	I	540,37	524,78	374,7

Poznámka:

A – materiál, B – Ultrazvukový spoj, C – Ultrazvukový spoj + podlepení,

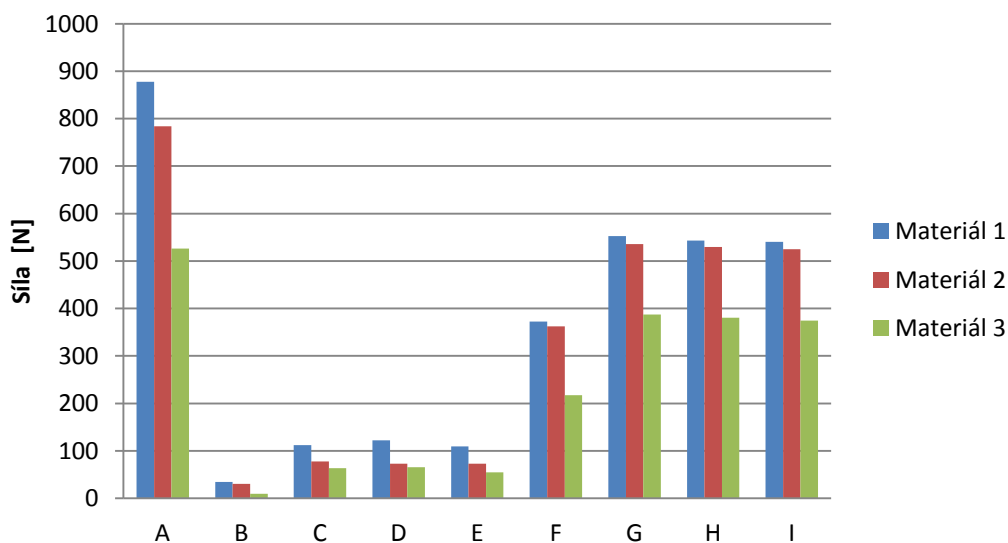
D – Ultrazvukový spoj + podlepení + praní,

E- Ultrazvukový spoj + podlepení + UVCON, F – Šitý spoj – přeplátovaný šev,

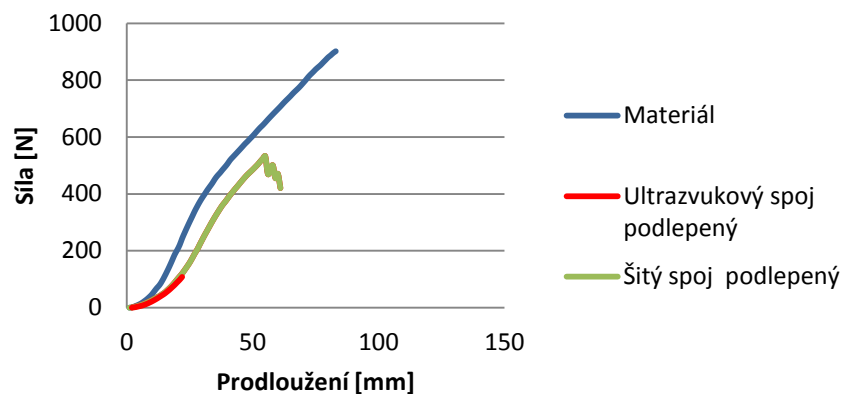
G – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení,

H – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení + praní,

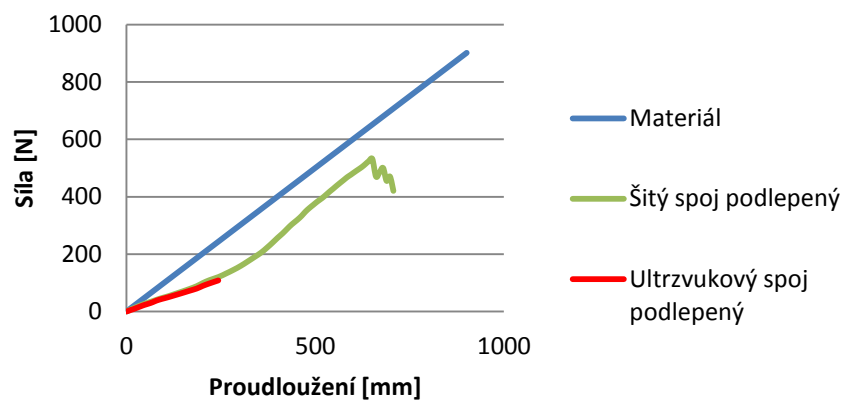
I - Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení + UVCON



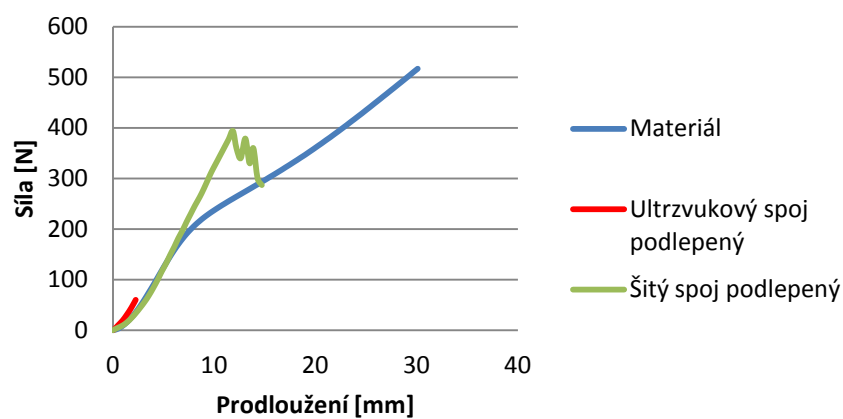
Obr. 26 Průměrné hodnoty pevnosti



Obr. 27 Průměrné hodnoty pevností pro materiál 1



Obr. 28 Průměrné hodnoty pevností pro materiál 2



Obr. 29 Průměrné hodnoty pevností pro materiál 3

Z tabulky a grafů vyplývá, že nejvyšší pevnost má materiál 1. Dále je patrné, že nejvyšší pevnost má materiál bez jakýchkoliv spojů a pokud je na něm vytvořený spoj,

jeho pevnost klesá. Pevnost ultrazvukových spojů je nižší než pevnost spojů šitých. Výsledné % snížení je vypočteno pomocí účinnosti švů.

Účinnost švů určíme pomocí vzorce:

$$\eta = \frac{F_s}{F} * 100 \quad (1)$$

Kde: η – účinnost švu [%]

F_s – pevnost spojovaného vzorku [N]

F – pevnost materiálu bez spoje [N]

Výsledky účinnosti švů v [%] k samotnému materiálu jsou znázorněny v tabulce 10 a v grafu na obrázku 30.

Tab. 10: Výsledky účinnosti švů [N]

Průměrné hodnoty pevnosti vzorků [N]				
		Materiál 1	Materiál 2	Materiál 3
Materiál	A	100	100	100
Ultrazvukový spoj	B	3,89	3,90	1,74
	C	14,30	9,94	12,46
	D	13,92	9,84	12,02
	E	12,42	9,27	10,41
Šitý spoj	F	42,41	46,23	41,31
	G	62,98	68,29	73,58
	H	61,91	67,58	72,34
	I	61,55	66,95	71,19

Poznámka:

A – materiál, B – Ultrazvukový spoj, C – Ultrazvukový spoj + podlepení,

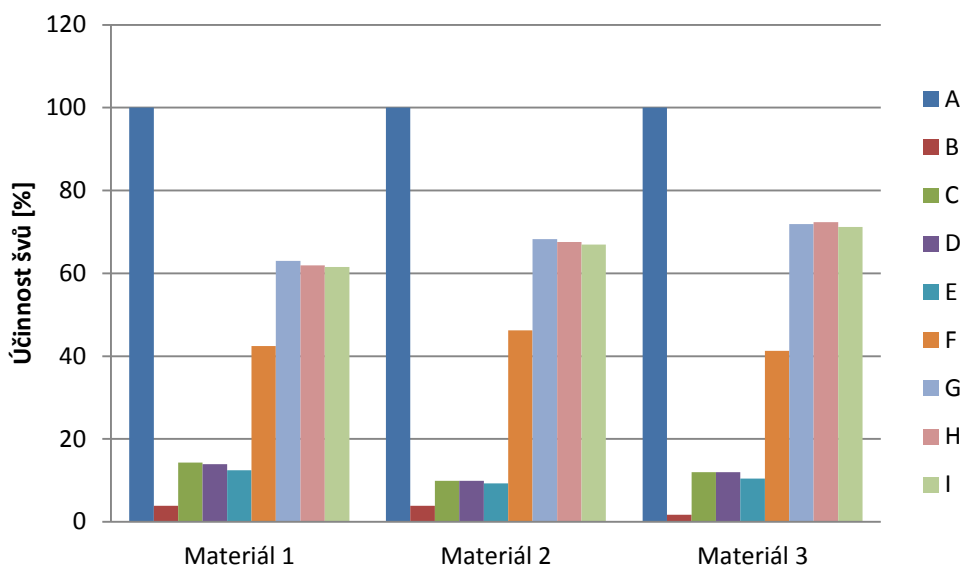
D – Ultrazvukový spoj + podlepení + praní,

E- Ultrazvukový spoj + podlepení + UVCON, F – Šitý spoj – přeplátovaný šev,

G – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení,

H – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení + praní,

I - Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení + UVCON



Obr. 30 Výsledky účinnosti švů [%]

Z tabulky a grafu je patrné, že účinnost ultrazvukových spojů se pohybuje vzhledem k materiálu od 2-4 %, to znamená, že pevnost ultrazvukového spoje klesla oproti samotnému materiálu o 96-98 %. Ultrazvukové spoje podlepené termoplastickou páskou mají vyšší pevnost a jejich účinnost se pohybuje od 10-14 %, pokles zde tedy byl o 86-90 %. Dalšími vzorky jsou podlepené ultrazvukové spoje, navíc vystavené UV záření - účinnost spojů se pohybuje od 10-14, pokles pevnosti tedy nastal o 86-90 %. Ultrazvukové podlepené vzorky podrobené cyklu praní mají účinnost 10-13 %, pokles pevnosti zde nastal o 87-90 %. Pevnost u šitých spojů je výrazně vyšší než u spojů ultrazvukových. Překlátované švy nepodlepené mají účinnost 41-46 %, pevnost tedy klesla o 45-49 %. Podlepené překlátované švy mají účinnost švů od 63-72 %, pokles pevnosti je 28-37 %. Podlepené překlátované švy vystavené UV záření mají účinnost od 61-71, pokles pevnosti nastal o 29-39%. Účinnost vypraných vzorků je 62-73 %, pevnost klesla o 27-38 %.

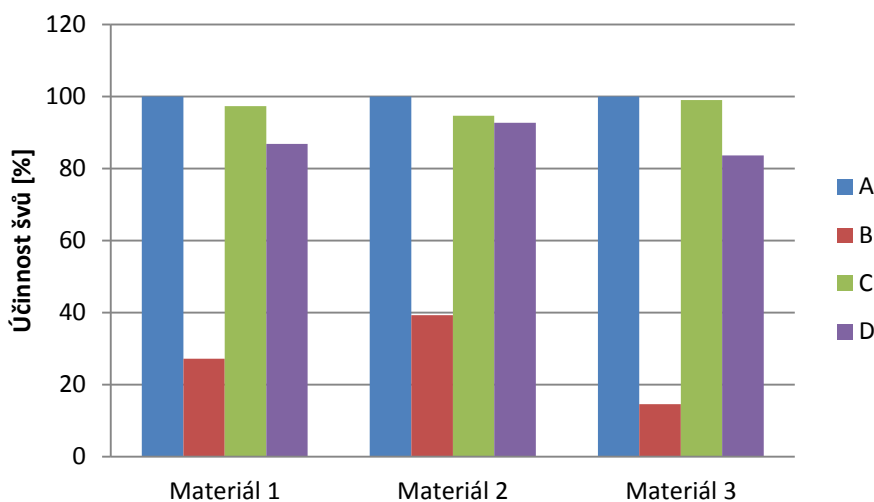
Tabulka 11 a graf na obrázku 31 znázorňují účinnost ultrazvukových spojů v [%] k podlepenému ultrazvukovému spoji.

Tab. 11: Účinnost ultrazvukových spojů [%]

Účinnost ultrazvukových spojů [%] k podlepenému ultrazvukovému spoji				
	A	B	C	D
Materiál 1	100	27,20	97,34	86,85
Materiál 2	100	39,25	94,66	92,65
Materiál 3	100	14,54	98,9	86,65

Poznámka:

A - Ultrazvukový spoj + podlepení, B – Ultrazvukový spoj, C – Ultrazvukový spoj + podlepení + praní, D - Ultrazvukový spoj + podlepení + UVCON



Obr. 31 Účinnost ultrazvukových spojů [%]

Z uvedené tabulky a grafu je patrné, že pevnost ultrazvukového spoje k podlepenému ultrazvukovému spoji se pohybuje od 15-39 %, což znamená, že ultrazvukový spoj ztratil pevnost o 61-85 %. Oproti tomu cyklus praní měl na vzorky minimální vliv, jelikož účinnost spojů se pohybuje v rozmezí 95-99 % a pokles pevnosti se pohybuje od 1-5 %. Účinnost vzorků vystavených UV záření je 87-93 % a pokles pevnosti tedy nastal o 7-13 %.

Poslední tabulka a graf znázorňují šité spoje. Šité spoje byly porovnávány k podlepenému šitému přeplátovanému švu.

Tab. 12: Účinnost šitých spojů [%]

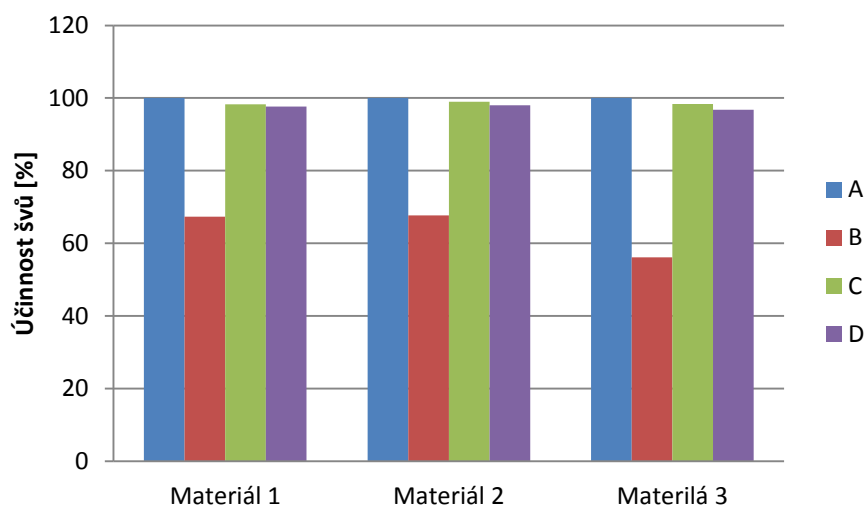
Účinnost šitých spojů v [%] k podlepenému přeplátovanému švu				
	A	B	C	D
Materiál 1	100	67,33	98,31	97,76
Materiál 2	100	67,69	98,95	98,03
Materiál 3	100	56,14	98,32	96,77

Poznámka:

A – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení, B – Šitý spoj – přeplátovaný šev,

C – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení + praní,

D – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení + UVCON



Obr. 32 Účinnost šitých spojů [%]

Poslední tabulka 12 a graf na obrázku 32 znázorňují, že pevnost šitého spoje bez podlepení k podlepenému šicímu spoji neklesla o tolik, jako je tomu u ultrazvukových spojů. Pevnost šitého spoje se pohybuje v rozmezí 56-68 %, pokles tedy nastal o 42-54 %. Účinnost vzorků podlepených a vystavených UV záření se pohybuje od 96-98 %, pevnost tedy klesla o 2-4 %. Prací cyklus také ovlivnil vzorky méně než u ultrazvukových spojů. Účinnost vypraných vzorků se pohybuje kolem 98 %, pokles pevnosti byl tedy 2 %.

Z vyhodnocení předcházejících tabulek a obrázků pevnosti spojovaných materiálů je patrné, že ultrazvukové spoje mají mnohonásobně menší pevnost než spoje šité. Vhodnější pro spojování výstražných oděvů jsou spoje šité, přesněji přeplátované

šev. Avšak ultrazvukový spoj podlepený termoplastickou páskou má dostatečnou pevnost pro použití na boční a náramenkové švy. Je tedy vhodné u výstražných oděvů používat ultrazvukové svařování na místa, která nejsou příliš namáhána.

6.5.2 Vyhodnocení měření pevnosti z přístroje TESTOMETR M350-5CT

Vyhodnocování tahové zkoušky vycházelo ze zkoušky podle normy ČSN EN ISO 13938-2, které byly vzorky podrobeny. Vzorky byly před namáháním 24 hodin klimatizovány v prostředí 20°C a 65 % vlhkosti. Předmětem zkoušky zůstává maximální pevnost F [N]. V tabulce 13 a v grafu na obrázku 33 jsou uvedeny průměrné hodnoty pro všechny měřené vzorky zhotovené ve směru osnovy. Tabulka obsahuje hodnoty materiálů bez spojů, materiálů svařených, materiálů šitých, materiálů podlepených a materiálů po praní. Jsou zde porovnány průměrné hodnoty pro jednotlivé skupiny vzorků, i průměrné hodnoty pro jednotlivé materiály. Průměrné hodnoty pevnosti a statistické zpracování jsou uvedeny pro každý materiál zvlášť v příloze 3. V grafech na obrázcích 34, 35, 36 jsou pro větší přehlednost uvedeny průměrné hodnoty pro samotný materiál, ultrazvukový podlepený spoj a pro šitý podlepený spoj.

Tab. 13: Průměrné hodnoty pevnosti vzorků

Průměrné hodnoty pevnosti vzorků [N]				
		Materiál 1	Materiál 2	Materiál 3
Materiál	A	1486,27	1276,31	910,23
Ultrazvukový spoj	B	121,3	78,6	41,38
	C	145,1	127,98	94,98
	D	141,78	123,62	93,25
	E	135,59	122,58	90,63
Šitý spoj	F	643,72	562,5	374,7
	G	1277,82	1021,31	690,92
	H	1250,13	1006,74	674,10
	I	1212,39	969,76	654,31

Poznámka:

A – materiál, B – Ultrazvukový spoj, C – Ultrazvukový spoj + podlepení,

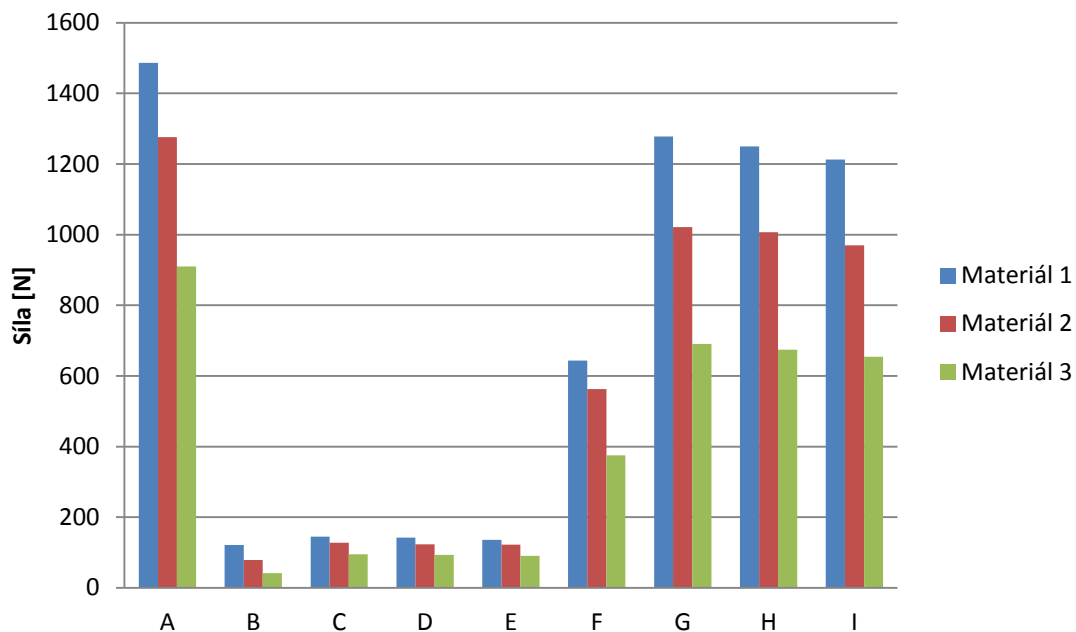
D – Ultrazvukový spoj + podlepení + praní,

E- Ultrazvukový spoj + podlepení + UVCON, F – Šitý spoj – přeplátovaný šev,

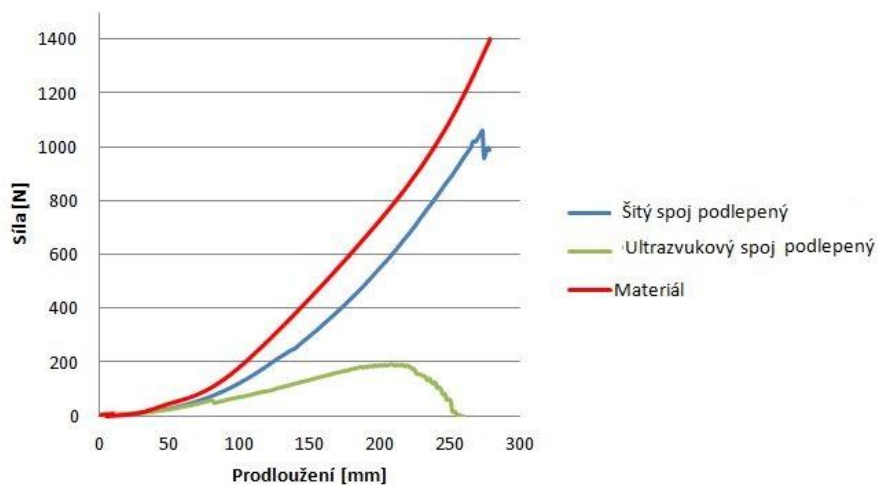
G – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení,

H – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení + praní,

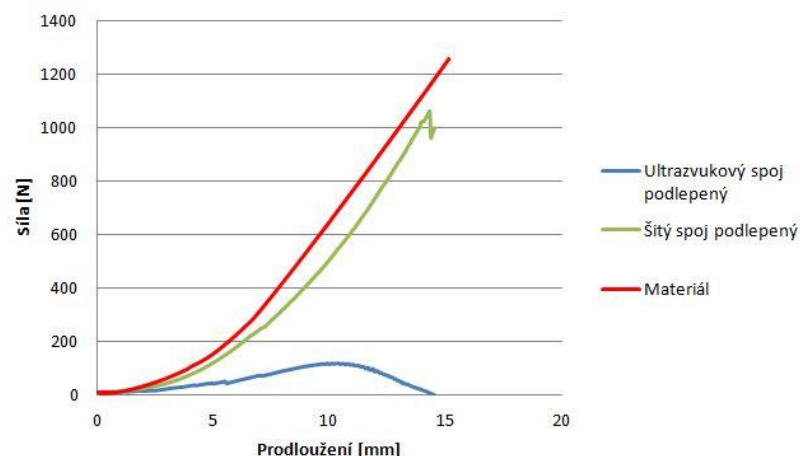
I – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení + UVCON



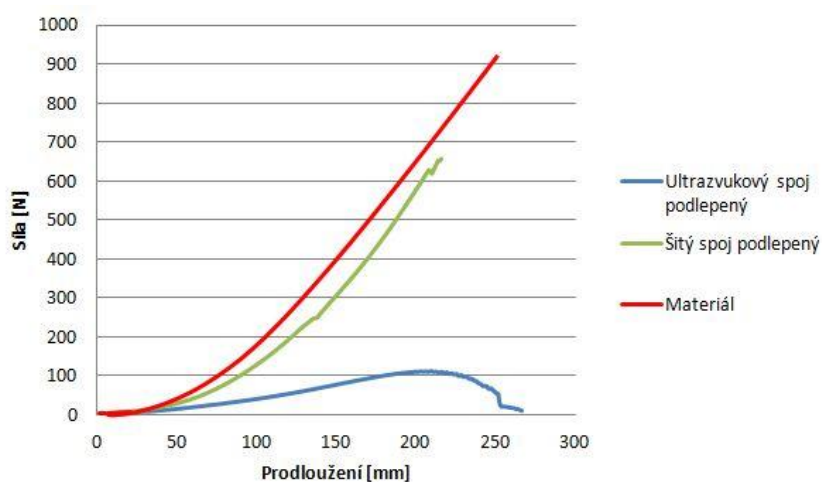
Obr. 33 Průměrné hodnoty pevnosti vzorů



Obr. 34 Průměrné hodnoty pevnosti pro materiál 1



Obr. 35 Průměrné hodnoty pevnosti pro materiál 2



Obr. 36 Průměrné hodnoty pevnosti pro materiál 3

Z tabulky a grafů je patrné, že nejvyšší pevnost má materiál 1, naopak nejnižší pevnost má materiál 3. Dále je zřejmé, že nejvyšší pevnost má materiál bez jakýchkoliv spojů a pokud je na něm spoj vytvořený, tak jeho pevnost klesá. Pevnost ultrazvukových spojů je nižší než pevnost spojů šitých. Výsledné % snížení je vypočteno pomocí účinnosti švů.

Výsledky účinnosti švů v [%] k samotnému materiálu jsou znázorněny v tabulce 14 a v grafu na obrázku 37.

Tab. 14 Účinnost švů k samotnému materiálu [%]

Účinnost švů v [%] k samotnému materiálu				
		Materiál 1	Materiál 2	Materiál 3
Materiál	A	100	100	100
Ultrazvukový spoj	B	8,16	6,16	5,04
	C	9,76	10,03	10,4
	D	9,53	9,76	10,24
	E	9,12	9,60	9,95
Šitý spoj	F	43,31	44,07	41,16
	G	85,97	80,02	75,90
	H	84,11	78,87	74,05
	I	81,57	75,98	71,88

Poznámka:

A – materiál, B – Ultrazvukový spoj, C – Ultrazvukový spoj + podlepení,

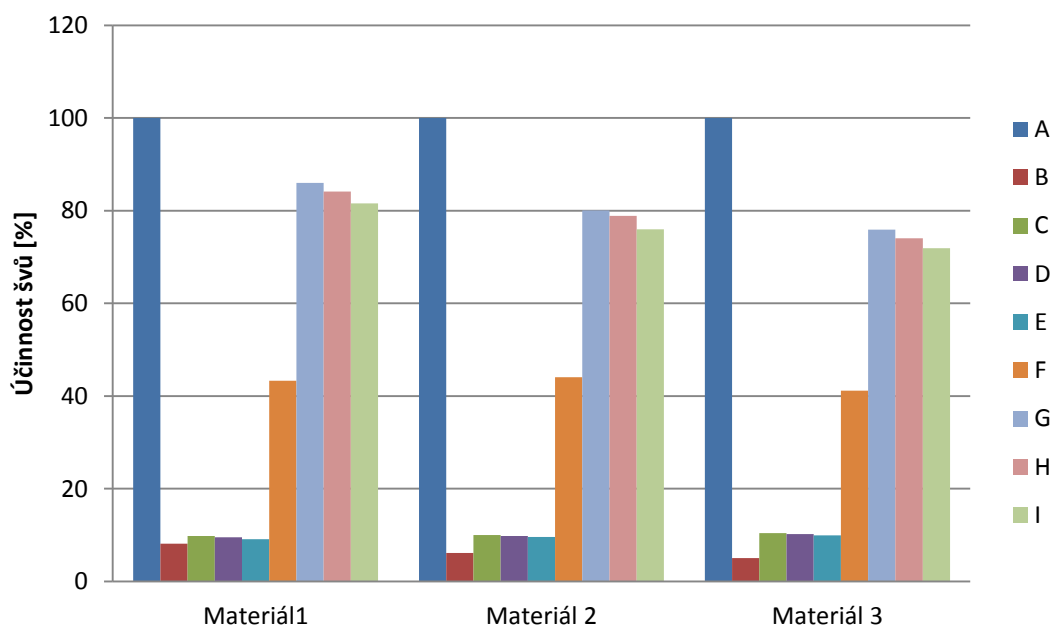
D – Ultrazvukový spoj + podlepení + praní,

E- Ultrazvukový spoj + podlepení + UVCON, F – Šitý spoj – přeplátovaný šev,

G – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení,

H – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení + praní,

I – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení + UVCON



Obr. 37 Výsledky účinnosti švů [%]

Z tabulky a grafu vyplývá, že účinnost ultrazvukových spojů se pohybuje vzhledem k materiálu od 5-8 %, to znamená, že pevnost ultrazvukového spoje klesla oproti samotnému materiálu o 92-95 %. Ultrazvukové spoje podlepené termoplastickou páskou mají vyšší pevnost a jejich účinnost se pohybuje okolo 10%, pokles zde tedy byl o 90 %. Účinnost podlepených ultrazvukových spojů vystavených UV záření je 9-10 %, pevnost klesla tedy od 90-91 %. Dalšími vzorky jsou podlepené ultrazvukové spoje, navíc podrobené cyklu praní. Účinnost u vzorků se pohybuje kolem 10 %, pokles pevnosti tedy nastal o 90%. Pevnost u šitých spojů je výrazně vyšší než u spojů ultrazvukových. Překládané švy nepodlepené mají účinnost 41-44 %, pevnost tedy klesla o 46-49 %. Podlepené překládané švy mají účinnost švů od 75-85 %, pokles pevnosti je 15-25 %. Podlepené vzorky podrobené cyklu praní mají účinnost švů 74-84 %, pevnost vypraných vzorků klesla o 16-26 %. Účinnost vystavených vzorků UV záření je 71-81 %, pevnost klesla o 19-29 %.

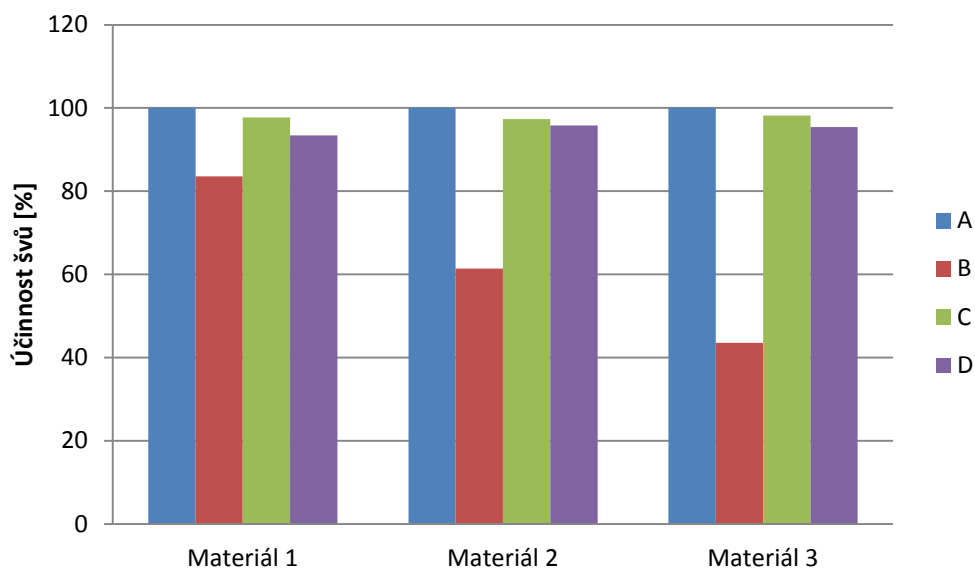
Tabulka 15 a graf na obrázku 38 znázorňují účinnost ultrazvukových spojů v [%] k podlepenému ultrazvukovému spoji.

Tab. 15 Účinnost ultrazvukových spojů [%]

Účinnost ultrazvukových spojů [%] k podlepenému ultrazvukovému spoji				
	A	B	C	D
Materiál 1	100	83,59	97,69	93,45
Materiál 2	100	61,42	97,37	95,78
Materiál 3	100	43,56	98,17	95,42

Poznámka:

A - Ultrazvukový spoj + podlepení, B – Ultrazvukový spoj, C – Ultrazvukový spoj + podlepení + praní, D - Ultrazvukový spoj + podlepení + UVCON



Obr. 38 Účinnost ultrazvukových spojů [%]

Z uvedené tabulky a grafu je patrné, že pevnost ultrazvukového spoje k podlepenému ultrazvukovému spoji se pohybuje od 43-83 %, což znamená, že ultrazvukový spoj ztratil pevnost o 57-17 %. Přesněji, ultrazvukový spoj materiálu 1 klesl pouze o 17%, kdežto materiál 3 klesl o 57%. Oproti tomu cyklus praní měl na vzorky minimální vliv, jelikož účinnost spojů se pohybuje okolo 98 % a pokles pevnosti tedy nastal jen o 2%. Účinnost vzorků vystavených UV záření se pohybuje 93-96 %, pevnost vzorků klesla od 3-6 %.

Poslední tabulka 16 a graf na obrázku 39 znázorňují šité spoje. Šité spoje byly porovnávány k podlepenému šitému přeplátovanému švu.

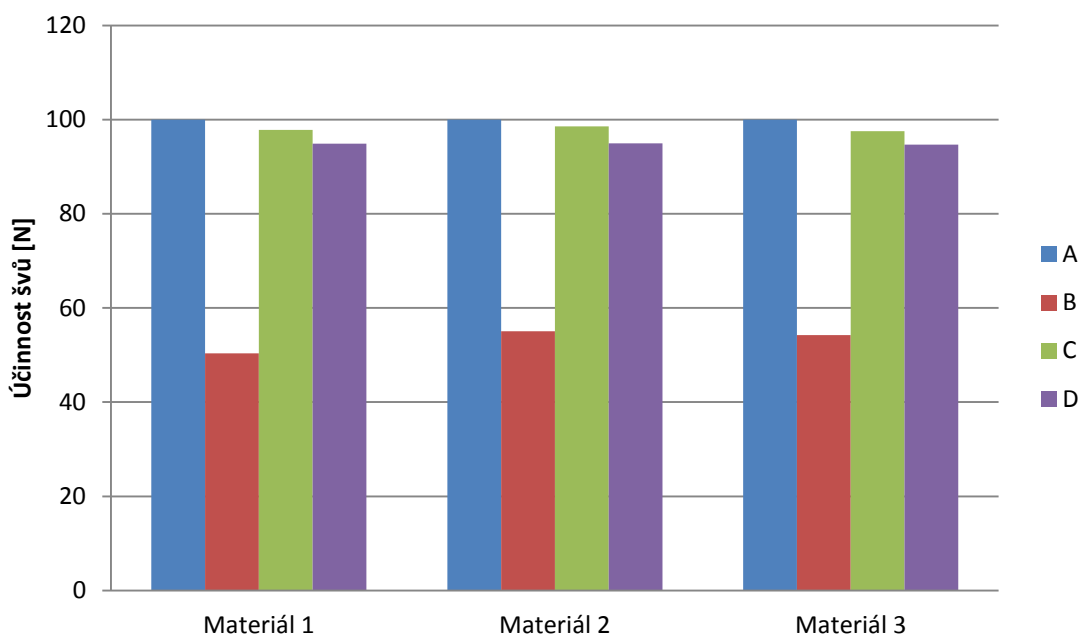
Tab. 16 Účinnost šitých spojů [%]

Účinnost šitých spojů v [%] k podlepenému přeplátovanému švu				
	A	B	C	D
Materiál 1	100	50,37	97,83	94,87
Materiál 2	100	55,07	98,57	94,95
Materiál 3	100	54,23	97,56	94,70

Poznámka:

A – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení, B – Šitý spoj – přeplátovaný šev,

C – Šitý spoj – přeplátovaný šev + podlepení + praní, D - Ultrazvukový spoj + podlepení + UVCON



Obr. 39 Účinnost šitých spojů [%]

Poslední tabulka a obrázek účinnosti znázorňují, že pevnost šitého spoje bez podlepení k podlepenému šicímu spoji neklesla o tolik, jako je tomu u ultrazvukových spojů. Pevnost šitého spoje se pohybuje v rozmezí 50-55 %, pokles tedy nastal o 45-50 %. Prací cyklus také ovlivnil vzorky méně než u ultrazvukových spojů. Účinnost vypraných vzorků se pohybuje kolem 98-99 %, pokles pevnosti byl pouze o 1-2 %. Vzorky vystavené UV záření mají účinnost švů nižší než vyprané švy. Účinnost ozářených vzorků se pohybuje kolem 94 %, pevnost tedy klesla o 6 %.

Z vyhodnocení všech tabulek a grafů pevnosti spojovaných materiálů je zřejmé, že nekonvenční spoje mají menší pevnost než konvenční. Pro spojování výstražných oděvů je tedy vhodnější použití šitých překlátovaných spojů. Dále je zřejmé, že ultrazvukový spoj podlepený termoplastickou páskou má dostatečnou pevnost, díky čemuž by se dal využít alespoň na bočních a náramenicových švech a všeobecně na místech, která nejsou příliš namáhána.

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo ověřit možnost použití ultrazvukového svařování textilií v oblasti výstražných oděvů na různé materiály, ve spolupráci se společností Astona s.r.o. Konzultace se společností Astona nasvědčovaly tomu, že ultrazvukové svařování je vhodné pro výstražné oděvy, ovšem nákladnější kvůli pořizovací ceně stroje, což znamená, že si firmy obvykle nemohou dovolit více než jeden stroj, tudíž produktivita výroby nemůže být stejná jako na klasických šicích strojích. Úkolem bylo ověřit kvalitu spojů zhotovených konvenčním a nekonvenčním způsobem spojování.

První část této práce se zabývala ultrazvukem samotným. Zaměřila se na historii ultrazvuku, jeho využití, dále pak na ultrazvuk v textilním průmyslu, a nakonec rozdělením ultrazvukových strojů do několika kategorií. Dále byly popsány pracovní oděvy, jejich rozdělení a zvláštní kapitolou byly výstražné oděvy, kde byla práce rozdělena na popis výstražných oděvů, popis fluorescenčních a retroreflexních materiálů, certifikace výstražného oděvu.

Experimentální část se věnovala charakteristice použitých materiálů, charakteristice použitých zařízení a vhodnému nastavení parametrů pro ultrazvukové svařování, pro podlepování a pro praní a pro ultrafialové záření. Samotný experiment probíhal ve dvou fázích, kdy byly materiály podrobeny zkoušce pevnosti na dvou strojích. Při zjišťování pevností byly hodnoceny tři materiály stejného složení, vazby a stejného nánosu, ovšem různou dostavou, tloušťkou a plošnou hmotností. V první části byla pevnost měřena na stroji Testometric M350-10CT, v části druhé byla pevnost měřena na přístroji Testometric M350-5CT. Oba experimenty prokázaly, že pevnost ultrazvukového spoje cut&seal je u materiálu 1 a 2 pětadvacetkrát a u materiálu 3 až sedmapadesátkrát nižší než pevnost samotného materiálu. Proti tomu pevnost šitého spoje je jen dvakrát nižší než samotný materiál. Pevnost se zvýšila použitím termoplastické pásky, u ultrazvukového spoje se pevnost zvýšila u materiálu 1 a 2 téměř trojnásobně, u materiálu 3 to bylo až sedminásobně. U šitých spojů se pevnost po použití termoplastické pásky zvýšila téměř dvojnásobně. Dalším ovlivňujícím faktorem bylo vystavení vzorků UV záření pro simulaci povětrnostních podmínek, přesněji slunečního záření a opakovanému cyklu praní. V obou případech pevnost klesla. U UV

záření byl pokles výraznější než u praní. Dalším výsledkem experimentu bylo vyblednutí fluorescenčního materiálu po vystavení UV paprskům.

Jak experimenty ukázaly, pevnost ultrazvukových spojů je dostatečná pouze, pokud je spoj podlepený termoplastickou páskou. I poté je ovšem vhodné pouze pro svařování švů, které nejsou příliš namáhány. Při vyšší námaze se doporučuje použít spoj šitý.

Doporučení na základě experimentální části této bakalářské práce je v případě dalšího zkoumání fluorescenčních materiálů, zaměřit se na použití UV záření a vody, pro simulaci přesnějších povětrnostních podmínek, a možnost měření stálobarevnosti. U výstražných oděvů, je možné se dále zaměřit na retroreflexní pásy, a měření retroreflexe.

8 Použitá literatura

- [1] KOLEKTIV. *Informativní přehled 5/6. Výzkumný ústav pletářský nositel řádu práce*. 1984
- [2] SODOMKA, L. *Struktura, vlastnosti, diagnostika a nové technologie oddělování, spojování a pojení textilií*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-645-8
- [3] MOTEJL, V. *Technologie II. Část 3 – Oděvnictví*. 1. vyd. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1980
- [4] ŠVEHLA, Š., FIGURA, Z. *Ultrazvuk v technológii*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1984.
- [5] KOLEKTIV. *Pokroky vědy a techniky v textilním průmyslu: Oděvnictví*. 1. vyd. Praha: NSTL, 1981.
- [6] ZELOVÁ K. *Ultrazvukové svařování TT*
- [7] PITEL, M. *Zvuk*. [online], 11. 2. 2013 Dostupné:
<http://www.gjgt.sk/digitalna_studovna/fyzika/2009/93_zvuk.ppt>
- [8] *Ultrazvuk ve strojírenství a ve zdravotnictví* [online], 12. 2. 2013
Dostupné: <<http://www.ultrazvuk.cz/>>
- [9] Firemní materiály DUKANE. [online] 15. 2. 2013
Dostupné: < <http://www.dukcorp.eu/cz/uvodni-stranka/>>
- [10] *Ultrazvuk*. [online], 8. 4. 2013 Dostupné: <<http://www.ultrasonic.cz>>
- [11] *Nekonvenční metody obrábění*. [online], 10. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-3-dil.html>>
- [12] *Ultrazvuk*. [online], 8. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.med.muni.cz/~vmornst/ultrazv.htm>>
- [13] *Welding still ensures high-strength joints*. [online], 9. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.assemblymag.com/articles/85017-welding-still-ensures-high-strength-joints>>
- [14] CRV 1967. [online], 9. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.classiccarcatalogue.com/CRV%201967.html>>

- [15] ČSN EN 471+A1 (832820) Výstražné oděvy s vysokou viditelností pro profesionální použití – Metody zkoušení a požadavky. Praha: Český institut, 2008. 28s.
- [16] Reflexní materiály. [online], 5. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.cyklotoulky.cz/clanky/clanky-display/vybava-na-cesty/-/reflexni-materialy/>>
- [17] Retrox. [online] 5. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.spur.cz/index.php?lang=CZ&page=prod&cmd=group&grpid=4>>
- [18] Vidět a být viděn. [online], 5. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.policie.cz/clanek/na-silnicich-bezpecneji.aspx>>
- [19] Pracovní oděvy. [online], 1. 3. 2013
Dostupné: <<http://www.eod.cz/>>
- [20] Pracovní oděvy. [online], 3. 3. 2013
Dostupné: <<http://www.probez.cz/>>
- [21] Firemní materiály Direct Alpine. [online] 19. 2. 2013 Dostupné:
<<http://www.directalpine.cz/technologie-a-konstrukcni-zajimavosti>>
- [22] Netkané textilie. [online] 23. 2. 2013 Dostupné:
<<https://skripta.ft.tul.cz/database/data/2006-04-07/11-04-04.pdf>>
- [23] Safety vests [online], 12. 4. 2013 Dostupné:
<<http://smartgift4u.cz/index.php>>
- [24] Firemní materiály. [online], 12. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.astona.cz/>>
- [25] Vnitropodnikové materiály firmy Astona
- [26] Hand-held ultrasonic welder [online] 13. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.sonicitalia.com/ultrasonic/hand-held-ultrasonic-welder.html>>
- [27] Nonwovens. [online] 13. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.herrmannultrasonics.com/nonwovens.html>>
- [28] Ultrasonic welders [online] 13. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.indiamart.com/dsonics-toolings-limited/new-items.html>>
- [29] Ultrasew Machine [online] 15. 4. 2013 Dostupné: <<http://www.ardmel-group.co.uk/h192-ultrasew-machine.html>>
- [30] Special designed Ultrasonic Machine. [online], 15. 4. 2013 Dostupné:
<http://www.st-rong.com/english/product-spe_eg_sd.html>

- [31] Hand-held ultrasonic weber [online], 16. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.sonotronic.de/press/downloads/special-machines>>
- [32] Rotary ultrasonic sonotrode. [online] 20. 4. 2013 Dostupné:
<http://www.dukane.com/us/PFF_ffprod.htm#Rotary_30kHz_Ultrasonic_Sonotrode>
- [33] Sonotrody.[online] 20. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.ultratech.cz/sonotrody/>>
- [34] 3M Scotchlite [online] 22. 4. 2013 Dostupné: <<http://www.m-bartos.cz/4665-nalepovaci-reflexni-material-3m/11370-3m-scotchlite-reflexni-paska-3m-8850-stribrna/>>
- [35] EN 471 Standards certification. [online] 23. 4. 2013 Dostupné
<<http://www.loxytapes.com/class/EN471-ANSI107.html>>
- [36] Nekonvenční spojování. [online] 23. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.kod.tul.cz/Laboratore/letaky/spojovani.pdf>>
- [37] PFAFF 8310. [online] 23. 4. 2013 Dostupné: <http://www.pfaff-industrial.com/pfaff/en/product-range/Welding%20machines/copy2_of_8362>
- [38] Konvenční spojování. [online] 25. 4. 2013 Dostupné:
<http://www.kod.tul.cz/Laboratore/letaky/sici_dilna.pdf>
- [39] Brother DB2-B755.403A. [online] 26. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.goodstyle.ro/prod/5/masina-de-cusut-brother-db2-b755-403a>>
- [40] PFAFF 8330 [online] 26. 4. 2013 Dostupné: <http://www.pfaff-industrial.com/pfaff/system/sapcatalog-en/weldingmachines/pfaff8330/plonearticle_image_popup?image_id=b2528a797c02b2b1aedef6b387436a2c8>
- [41] Testometric M350-10CT. [online] 28. 4. 2013 Dostupné:
<<http://labormachine.cz/ct-modely/m350-10ct/>>
- [42] Testometric M350-5CT. [online] 28. 4. 2013 Dostupné:
<http://labormachine.cz/ct-modely/m350-5ct/>
- [43] UVCON Atlas [online] 29. 4. 2013 Dostupné:
<<http://www.solarsys.biz/0103.shtml>>

Seznam obrázků

Obr. 1 Automobil Formacar [13]	11
Obr. 2 Pracoviště IP-UZB-1 [1]	12
Obr. 3 Plastické zdobení [20]	15
Obr. 4 Ruční svářečka [28]	16
Obr. 5 Vyměnitelné sonotrody [33]	17
Obr. 6 Statická sonotroda [9]	18
Obr. 7 Rotační sonotroda [32]	18
Obr. 8 Výstražná bunda [24]	20
Obr. 9 Výstražná vesta dětská [23]	20
Obr. 10 Retroreflexní pásy ve dne a v noci [34]	22
Obr. 11 Šle [15]	26
Obr. 12 Kalhoty do pasu [15]	26
Obr. 13 Vesta [15]	26
Obr. 14 Kalhoty s laclem [15]	26
Obr. 15 Kombinéza [15]	27
Obr. 16 Bunda [15]	27
Obr. 17 Pánský plášť [24]	28
Obr. 18 Pánské kalhoty [24]	29
Obr. 19 Ultrazvukový stroj PFAFF 8310 [36]	32
Obr. 20 Šicí stroj BROTHER DB2-B755-403A [39]	33
Obr. 21 Svařovací stroj [36]	34
Obr. 22 Stroj PFAFF 8330 v činnosti [40]	34
Obr. 23 Připravené vzorky pro trhačku:	37
Obr. 24 Přístroj Testometric M350-10CT [42]	38
Obr. 25 Připravené vzorky pro průtlak	38
Obr. 26 Průměrné hodnoty pevnosti	40
Obr. 27 Průměrné hodnoty pevností pro materiál 1	41
Obr. 28 Průměrné hodnoty pevností pro materiál 2	41
Obr. 29 Průměrné hodnoty pevností pro materiál 3	41
Obr. 30 Výsledky účinnosti švů [%]	43
Obr. 31 Účinnost ultrazvukových spojů [%]	44

Obr. 32 Účinnost šitých spojů [%].....	45
Obr. 33 Průměrné hodnoty pevnosti vzorů	47
Obr. 34 Průměrné hodnoty pevnosti pro materiál 1	47
Obr. 35 Průměrné hodnoty pevnosti pro materiál 2	48
Obr. 36 Průměrné hodnoty pevnosti pro materiál 3	48
Obr. 37 Výsledky účinnosti švů [%]	49
Obr. 38 Účinnost ultrazvukových spojů [%]	51
Obr. 39 Účinnost šitých spojů [%].....	52


Seznam tabulek


<i>Tab. 1 Porovnání barevného oblečení s oblečením reflexním [18]</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 2 Minimální požadované plochy nápadného materiálu v m² [15].....</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 3: Charakteristika hodnocených materiálů</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 4 Charakteristika podlepovací pásky.....</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 5 Parametry pro svařování</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 6 Parametry pro podlepování</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 7: Parametry pro praní.....</i>	<i>35</i>
<i>Tab. 8: Doba ozařování</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 9: Průměrné hodnoty pevnosti vzorků</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 10: Výsledky účinnosti švů [N]</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 11: Účinnost ultrazvukových spojů [%]</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 12: Účinnost šitých spojů [%]</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 13: Průměrné hodnoty pevnosti vzorků</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 14 Účinnost švů k samotnému materiálu [%]</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 15 Účinnost ultrazvukových spojů [%].....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 16 Účinnost šitých spojů [%].....</i>	<i>51</i>


Přílohy

Příloha 1

Charakteristika materiálů

Označení	Materiál 1	
Složení	100 % PL	
Úprava	100 % PU nános	
Tloušťka [mm]	0,27	
Dostava osnova [nití/10cm]	215	
Dostava útek [nití/10cm]	205	
Plošná hmotnost [g/m ²]	215	
Symboly údržby:		
		

Označení	Materiál 2	
Složení	100 % PL	
Úprava	100 % PU nános	
Tloušťka [mm]	0,19	
Dostava osnova [nití/10cm]	285	
Dostava útek [nití/10cm]	265	
Plošná hmotnost [g/m ²]	170	
Symboly údržby:		
		

Označení	Materiál 3	
Složení	100 % PL	
Úprava	100 % PU nános	
Tloušťka [mm]	0,17	
Dostava osnova [nití/10cm]	290	
Dostava útek [nití/10cm]	270	
Plošná hmotnost [g/m ²]	150	
Symboly údržby:		
		

Označení	Páska1	
Složení	100 PU	
Plošná hmotnost [g/m ²]	100	
Celková šíře [cm]	2	
Barva	transparentní	
Textil	Podkladový papír	

Šicí nit 100 % PES	Šicí nit 100 % PES	Šicí nit 100 % PES

Vzorky pro experimentální část

Ultrazvukový spoj cut&seal	Ultrazvukový spoj podlepený
Ultrazvukový spoj podlepený a podrobený cyklu praní	Ultrazvukový spoj podlepený a vystavený UV záření

Šitý spoj – přeplátovaný šev	Šitý spoj podlepený
Šitý spoj podrobený cyklu praní	Šitý spoj podlepený vystavený UV záření

Příloha 2

Statistické zpracování pro přístroj TESTOMETRIC M350-5CT

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro materiál bez spojů

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Pevnost [N]	877,58	791,38	963,78	739,1	961,3	5643,9	75,12	8,56
	Prodloužení [mm]	33,56	29,36	37,76	26,82	37,5	13,34	3,65	10,88
	Tažnost [%]	16,79	14,69	18,88	13,41	18,75	3,34	1,82	10,89
Materiál 2	Pevnost [N]	783,78	697,98	869,52	672,9	853,5	4774,81	69,1	8,82
	Prodloužení [mm]	46,32	38,85	53,8	37,09	52,23	36,24	6,02	12,99
	Tažnost [%]	23,16	19,423	26,9	18,54	26,12	9,06	3,01	12,99
Materiál 3	Pevnost [N]	526,27	504,58	547,95	495	545,6	356,39	18,87	3,59
	Prodloužení [mm]	32,88	30,06	35,696	29,42	36,9	5,99	2,45	7,45
	Tažnost [%]	14,64	12,85	16,733	11,85	16,23	2,45	1,56	10,69

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro ultrazvukové spoje

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Pevnost [N]	34,22	31,13	37,31	30,85	38,54	7,23	2,69	7,86
	Prodloužení [mm]	5,81	5,47	6,15	5,30	6,21	0,09	0,29	5,11
	Tažnost [%]	2,91	2,76	3,08	2,65	3,10	0,02	0,15	5,11
Materiál 2	Pevnost [N]	30,56	28,48	32,64	27,68	30,84	3,28	1,81	5,92
	Prodloužení [mm]	4,32	3,94	4,70	3,89	4,81	0,11	0,33	7,67
	Tažnost [%]	2,16	1,95	2,36	1,95	2,41	0,03	0,18	8,19
Materiál 3	Pevnost [N]	9,19	7,39	10,99	6,48	10,76	2,46	1,57	17,05
	Prodloužení [mm]	2,01	1,75	2,26	1,69	2,30	0,05	0,22	11,09
	Tažnost [%]	1,01	0,88	1,14	0,84	0,99	0,01	0,11	11,18

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro podlepené ultrazvukové spoje

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Pevnost [N]	125,53	112,29	138,78	115,01	146,29	132,83	11,53	9,18
	Prodloužení [mm]	11,24	10,15	12,34	10,11	12,99	0,91	0,95	8,47
	Tažnost [%]	5,62	5,078	6,17	5,054	6,48	0,23	0,48	8,45
Materiál 2	Pevnost [N]	77,92	71,92	83,93	69,80	85,01	27,31	5,23	6,71
	Prodloužení [mm]	4,84	4,44	5,24	4,33	5,33	0,12	0,35	7,13
	Tažnost [%]	2,42	2,22	2,61	2,17	2,67	0,03	0,17	7,03
Materiál 3	Pevnost [N]	63,26	61,03	65,49	59,47	63,19	3,75	1,94	3,06
	Prodloužení [mm]	2,48	2,38	2,58	2,35	2,59	0,007	0,09	3,41
	Tažnost [%]	1,25	1,20	1,29	1,18	1,29	0,002	0,04	3,26

Tabulka: Statistické zpracování podlepených ultrazvukových spojů vypraných

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Pevnost [N]	122,20	115,96	128,44	115,01	129,61	29,57	5,43	4,45
	Prodloužení [mm]	10,86	10,42	11,29	10,11	11,19	0,14	0,38	3,56
	Tažnost [%]	5,38	5,18	5,57	5,06	5,59	0,03	0,17	3,32
Materiál 2	Pevnost [N]	73,76	68,00	79,51	65,28	80,61	25,12	5,01	6,79
	Prodloužení [mm]	4,31	4,12	4,51	3,94	4,51	0,03	0,17	3,92
	Tažnost [%]	2,16	2,07	2,52	1,91	2,24	0,007	0,08	3,98
Materiál 3	Pevnost [N]	62,58	57,76	67,4	57,23	69,91	17,51	4,19	6,68
	Prodloužení [mm]	2,84	2,41	3,25	2,51	3,61	1,18	0,41	13,81
	Tažnost [%]	1,42	1,21	1,64	1,23	1,81	0,038	0,21	13,78

Tabulka: Statistické zpracování podlepených ultrazvukových spojů ozářených

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Pevnost [N]	109,03	104,65	113,41	99,50	124,08	14,55	3,81	3,44
	Prodloužení [mm]	9,07	8,65	9,49	8,69	9,63	0,14	0,37	4,07
	Tažnost [%]	4,55	4,34	4,75	4,34	4,81	0,03	0,18	3,90
Materiál 2	Pevnost [N]	72,70	68,10	77,29	65,27	80,62	16,02	4,00	5,51
	Prodloužení [mm]	4,32	4,13	4,51	3,99	4,47	0,03	0,17	3,91
	Tažnost [%]	2,14	2,04	2,24	1,99	2,24	0,008	0,086	4,13
Materiál 3	Pevnost [N]	54,82	57,261	67,499	56,180	69,590	19,834	4,454	7,139
	Prodloužení [mm]	1,43	1,21	1,65	1,25	1,79	0,04	0,19	13,57
	Tažnost [%]	1,01	0,91	1,16	0,84	0,97	0,01	0,12	11,18

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro šité spoje

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Pevnost [N]	372,18	349,02	395,3	348,06	401,19	406,26	20,15	5,41
	Prodloužení [mm]	17,31	16,057	18,563	15,87	18,658	1,18	1,09	6,26
	Tažnost [%]	8,70	8,13	9,28	7,93	9,32	0,25	0,50	5,78
Materiál 2	Pevnost [N]	362,35	341,54	383,16	340,77	390,02	328,01	18,11	4,99
	Prodloužení [mm]	22,4	21,07	23,72	20,43	23,73	1,33	1,15	5,14
	Tažnost [%]	11,20	10,55	11,85	10,22	11,86	0,33	0,57	5,13
Materiál 3	Pevnost [N]	217,41	212,51	222,31	213,8	225,5	18,13	4,26	1,96
	Prodloužení [mm]	15,62	13,94	17,298	13,8	17,9	2,14	1,46	9,35
	Tažnost [%]	9,86	8,99	10,72	8,9	10,8	0,56	0,75	7,58

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro podlepené šité spoje

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Pevnost [N]	552,7	541,03	564,36	540,91	570,93	102,91	10,15	1,835
	Prodloužení [mm]	17,75	16,57	18,83	15,98	18,6	0,88	0,94	5,29
	Tažnost [%]	8,54	7,84	9,24	7,69	9,26	0,38	0,61	7,21
Materiál 2	Pevnost [N]	535,32	521,13	549,57	516,70	550,9	152,27	12,34	2,31
	Prodloužení [mm]	22,24	21,34	23,13	21,08	23,18	0,61	0,78	3,52
	Tažnost [%]	11,12	10,35	11,89	10,05	12,07	0,45	0,67	6,03
Materiál 3	Pevnost [N]	387,2	378,132	396,29	372,98	396,29	62,36	7,89	2,03
	Prodloužení [mm]	17,31	16,06	18,56	15,87	18,658	1,18	1,09	6,26
	Tažnost [%]	8,44	7,82	9,06	7,56	9,12	0,29	0,54	6,44

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro podlepené šité spoje ozářené

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Pevnost [N]	540,32	521,05	559,59	536,81	572,27	281,25	16,77	3,16
	Prodloužení [mm]	17,31	16,06	18,56	15,87	18,658	1,18	1,09	6,26
	Tažnost [%]	8,70	8,413	8,99	7,93	9,32	0,25	0,50	5,78
Materiál 2	Pevnost [N]	524,78	509,73	539,82	515,72	557,21	171,41	13,09	2,48
	Prodloužení [mm]	22,40	21,08	23,72	20,43	23,72	1,33	1,15	5,14
	Tažnost [%]	11,20	10,54	11,86	10,22	11,86	0,33	0,58	5,14
Materiál 3	Pevnost [N]	374,7	362,28	387,12	364,2	387,5	116,76	10,81	2,88
	Prodloužení [mm]	16,68	15,21	18,15	14,92	18,63	1,65	1,28	7,69
	Tažnost [%]	8,54	7,84	9,24	7,69	9,26	0,38	0,61	7,21

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro podlepené šité spoje vyprané

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Pevnost [N]	543,37	5,05	559,59	536,81	572,27	289,34	17,01	3,13
	Prodloužení [mm]	17,4	16,06	18,56	15,87	18,658	1,2	1,1	6,3
	Tažnost [%]	8,75	8,413	8,99	7,93	9,32	0,27	0,52	5,94
Materiál 2	Pevnost [N]	529,72	509,73	539,82	515,72	557,21	171,41	13,09	2,48
	Prodloužení [mm]	22,45	21,08	23,72	20,43	23,72	1,33	1,15	5,14
	Tažnost [%]	11,22	10,56	11,91	10,23	11,7	0,37	0,61	5,43
Materiál 3	Pevnost [N]	380,7	362,28	387,12	364,2	387,5	116,76	10,81	2,88
	Prodloužení [mm]	16,72	15,21	18,15	14,92	18,63	1,65	1,28	7,69
	Tažnost [%]	8,56	7,84	9,24	7,69	9,26	0,38	0,61	7,21

Příloha 3

Statistické zpracování pro přístroj TESTOMETRIC M35-10CT

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro materiál bez spojů

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Nejvyšší pevnost [N]	1486,27	1384,88	1587,66	1385,68	1651,31	7782,2	88,22	5,94
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	17,80	16,61	18,84	15,91	18,62	0,88	0,93	5,31
	Práce nejvyšší síle [N.m]	6,51	5,86	7,17	5,46	7,06	0,3	0,57	8,55
	Pevnost v průrazu [N]	1486,27	1384,88	1587,66	1385,68	1651,31	7782,2	88,22	5,94
	Roztažení při přetrhu [mm]	15,84	14,85	16,83	14,8	14,26	0,74	0,86	5,42
	Práce při přetrhu [N.m]	6,98	5,73	8,21	5,34	7,91	0,99	0,99	14,31
Materiál 2	Nejvyšší pevnost [N]	1276,31	1150,64	1401,98	1124,68	1463,27	11957,19	109,34	8,56
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	16,71	15,21	18,15	14,94	18,63	1,71	1,30	7,68
	Práce nejvyšší síle [N.m]	2,482	2,384	2,579	2,349	2,590	0,007	0,085	3,409
	Pevnost v průrazu [N]	1276,31	1150,64	1401,98	1124,68	1463,27	11957,19	109,34	8,56
	Roztažení při přetrhu [mm]	19,44	18,89	19,99	18,15	21,6	1,84	1,35	6,98
	Práce při přetrhu [N.m]	4,41	2,93	5,84	2,91	6,24	1,36	1,21	26,67
Materiál 3	Nejvyšší pevnost [N]	910,23	857,6	962,86	823,56	954,48	2098,41	45,80	5,03
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	14,54	13,93	15,15	13,78	15,54	0,33	0,53	3,94
	Práce nejvyšší síle [N.m]	3,33	2,68	3,96	2,69	3,86	0,26	0,513	15,42
	Pevnost v průrazu [N]	910,23	857,6	962,86	823,56	954,48	2098,41	45,80	5,03
	Roztažení při přetrhu [mm]	1551	14,91	16,12	14,65	16,25	0,27	0,52	3,36
	Práce při přetrhu [N.m]	4,47	4,09	4,85	3,98	4,87	0,11	0,33	7,39

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro ultrazvukové spoje

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Nejvyšší pevnost [N]	121,3	115,42	126,45	115,1	125,94	19,74	4,44	3,67
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	10,58	10,3	10,86	10,38	10,94	0,06	0,26	2,13
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,552	0,511	0,593	0,509	0,597	0,11	0,33	5,97
	Pevnost v průrazu [N]	120,94	115,422	126,458	115,1	125,7	19,71	4,44	3,67
	Roztažení při přetrhu [mm]	16,092	14,692	17,49	14,93	17,94	1,25	1,12	7,01
	Práce při přetrhu [N.m]	0,832	0,789	0,876	0,793	0,869	0,002	0,04	4,21
Materiál 2	Nejvyšší pevnost [N]	78,61	71,915	83,927	69,800	85,010	27,310	5,226	6,707
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	8,93	8,28	9,578	7,96	9,69	0,35	0,59	6,69
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,47	0,371	0,55	0,38	0,61	0,007	0,08	18,2
	Pevnost v průrazu [N]	78,6	71,915	83,927	69,800	85,010	27,310	5,226	6,707
	Roztažení při přetrhu [mm]	11,243	10,149	12,337	10,107	12,997	0,907	0,952	8,471
	Práce při přetrhu [N.m]	0,77	0,70	0,84	0,74	0,86	0,003	0,06	7,73
Materiál 3	Nejvyšší pevnost [N]	41,38	38,53	44,23	38,9	45,0	6,17	2,48	6,0
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	8,515	6,94	10,09	7,13	10,45	1,89	1,37	16,16
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,18	0,14	0,21	0,15	0,24	0,0014	0,03	18,62
	Pevnost v průrazu [N]	41,38	38,53	44,23	38,9	45,0	6,17	2,48	6,0
	Roztažení při přetrhu [mm]	12,89	11,201	14,58	10,38	14,38	2,17	1,47	11,44
	Práce při přetrhu [N.m]	0,26	0,21	0,31	0,23	0,34	0,0017	0,04	15,55

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro podlepené ultrazvukové spoje

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Nejvyšší pevnost [N]	145,1	112,61	177,59	108,0	193,3	799,23	28,27	19,48
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	10,22	9,63	10,8	9,35	10,91	0,27	0,512	5,08
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,72	0,514	0,926	0,47	0,96	0,034	0,18	25,81
	Pevnost v průrazu [N]	145,1	112,61	177,59	108,0	193,3	799,23	28,27	19,48
	Roztažení při přetrhu [mm]	14,58	13,41	15,75	12,91	16,06	1,04	1,02	6,98
	Práce při přetrhu [N.m]	0,98	0,75	1,209	0,71	1,29	0,04	0,2	20,43
Materiál 2	Nejvyšší pevnost [N]	127,98	91,25	167,71	93,0	187,3	1019,27	31,96	24,94
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	10,62	9,724	11,52	9,31	11,72	0,61	0,78	7,39
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,63	0,41	0,85	0,43	1,00	0,03	0,19	30,66
	Pevnost v průrazu [N]	127,98	91,25	167,71	93,0	187,3	1019,27	31,96	24,94
	Roztažení při přetrhu [mm]	13,96	13,25	14,67	12,941	14,63	0,38	0,62	4,42
	Práce při přetrhu [N.m]	0,92	0,64	1,19	0,66	1,37	0,06	0,24	26,62
Materiál 3	Nejvyšší pevnost [N]	94,98	81	108,96	86,1	118,3	148,18	12,17	12,81
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	9,59	8,52	10,66	8,92	11,14	0,86	0,93	9,66
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,461	0,371	0,55	0,38	0,61	0,007	0,08	18,2
	Pevnost v průrazu [N]	94,98	81	108,96	86,1	118,3	148,18	12,17	12,81
	Roztažení při přetrhu [mm]	13,73	12,78	14,68	12,54	14,92	0,7	0,83	6,11
	Práce při přetrhu [N.m]	0,66	0,56	0,76	0,61	0,86	0,01	0,09	14,98

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro podlepené ultrazvukové spoje vypraného

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Nejvyšší pevnost [N]	141,86	134,36	149,37	132,56	153,02	42,64	6,53	4,61
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	10,62	10,37	10,90	10,43	10,94	0,06	0,31	2,13
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,76	0,73	0,82	0,72	0,91	0,003	0,06	7,73
	Pevnost v průrazu [N]	141,86	134,36	149,37	132,56	153,02	42,64	6,53	4,61
	Roztažení při přetrhu [mm]	14,5	14,12	14,88	13,85	15,23	0,112	0,33	2,3
	Práce při přetrhu [N.m]	0,95	0,89	0,99	0,86	0,98	0,002	0,04	4,72
Materiál 2	Nejvyšší pevnost [N]	123,62	115,42	131,82	112,54	133,42	50,95	7,13	5,78
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	9,86	8,92	10,80	8,96	10,82	0,61	0,82	7,81
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,54	0,52	0,56	0,51	0,56	0,0003	0,02	3,4
	Pevnost v průrazu [N]	123,62	115,42	131,82	112,54	133,42	50,95	7,13	5,78
	Roztažení při přetrhu [mm]	10,86	10,42	11,29	10,11	11,19	0,14	0,38	3,56
	Práce při přetrhu [N.m]	0,81	0,75	0,87	0,82	0,93	0,003	0,05	6,16
Materiál 3	Nejvyšší pevnost [N]	93,25	89,86	96,64	86,04	95,64	13,93	3,73	3,99
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	9,46	9,16	9,76	9,07	9,86	0,06	0,26	2,78
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,53	0,48	0,58	0,51	0,61	0,002	0,04	7,54
	Pevnost v průrazu [N]	93,25	89,86	96,64	86,04	95,64	13,93	3,73	3,99
	Roztažení při přetrhu [mm]	9,86	9	10,72	8,9	10,8	0,56	0,75	7,58
	Práce při přetrhu [N.m]	0,9	0,85	0,95	0,85	0,96	0,002	0,04	4,4

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro podlepené ultrazvukové spoje ozářeného

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Nejvyšší pevnost [N]	135,59	130,51	140,67	129,91	141,93	19,56	4,42	3,26
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	10,64	9,723	11,51	9,31	11,72	0,62	0,76	7,34
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,76	0,70	0,84	0,74	0,86	0,003	0,06	7,71
	Pevnost v průrazu [N]	135,59	130,51	140,67	129,91	141,93	19,56	4,42	3,26
	Roztažení při přetrhu [mm]	14,64	12,85	16,733	11,85	16,23	2,45	1,56	10,69
	Práce při přetrhu [N.m]	0,95	0,93	0,97	0,91	0,98	0,0005	0,02	2,48
Materiál 2	Nejvyšší pevnost [N]	122,58	119,43	125,73	119,6	127,4	7,54	2,74	2,24
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	10,58	10,3	10,86	10,38	10,94	0,06	0,26	2,13
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,55	0,511	0,593	0,509	0,597	0,0004	0,02	3,77
	Pevnost v průrazu [N]	122,58	119,43	125,73	119,6	127,4	7,54	2,74	2,24
	Roztažení při přetrhu [mm]	10,39	8,75	12,03	8,79	12,46	2,05	1,43	13,72
	Práce při přetrhu [N.m]	0,85	0,78	0,87	0,79	0,86	0,0007	0,03	3,33
Materiál 3	Nejvyšší pevnost [N]	90,63	86,89	94,36	85,78	95,23	10,57	3,25	3,58
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	9,07	8,64	9,49	8,68	9,626	0,136	0,36	4,06
	Práce nejvyšší síle [N.m]	0,54	0,49	0,586	0,48	0,61	0,002	0,04	8,75
	Pevnost v průrazu [N]	90,63	86,89	94,36	85,78	95,23	10,57	3,25	3,58
	Roztažení při přetrhu [mm]	9,86	8,99	10,72	8,9	10,8	0,56	0,75	7,58
	Práce při přetrhu [N.m]	0,83	0,77	0,89	0,76	0,92	0,003	0,05	6,14

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro šité spoje

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Nejvyšší pevnost [N]	643,72	576,39	711,05	587,0	721,0	2352,5	54,23	8,424
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	11,15	10,57	11,73	10,663	11,784	0,17	0,47	4,19
	Práce nejvyšší síle [N.m]	2,391	2,01	2,77	2,027	2,82	0,07	0,31	12,944
	Pevnost v průrazu [N]	643,72	576,39	711,05	587,0	721,0	2352,5	54,23	8,424
	Roztažení při přetrhu [mm]	11,18	10,57	11,79	10,66	11,84	0,19	0,49	4,38
	Práce při přetrhu [N.m]	2,406	2,0	2,81	2,03	2,86	0,08	0,33	13,54
Materiál 2	Nejvyšší pevnost [N]	562,5	545,84	579,16	540,9	580,00	210,82	14,5	2,58
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	13,132	13,07	13,19	13,044	13,22	0,003	0,06	0,45
	Práce nejvyšší síle [N.m]	2,34	2,28	2,4	2,26	2,41	0,002	0,05	2,12
	Pevnost v průrazu [N]	562,5	545,84	579,16	540,9	580,00	210,82	14,5	2,58
	Roztažení při přetrhu [mm]	13,16	13,06	13,252	13,04	13,27	0,006	0,08	0,59
	Práce při přetrhu [N.m]	2,35	2,281	2,42	2,27	2,44	0,003	0,06	2,67
Materiál 3	Nejvyšší pevnost [N]	374,7	362,28	387,12	364,2	387,5	116,76	10,81	2,88
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	11,15	10,57	11,73	10,663	11,784	0,17	0,47	4,19
	Práce nejvyšší síle [N.m]	2,139	2,037	2,2407	1,997	2,237	0,008	0,0885	4,134
	Pevnost v průrazu [N]	374,7	362,28	387,12	364,2	387,5	116,76	10,81	2,88
	Roztažení při přetrhu [mm]	13,96	13,25	14,67	12,941	14,63	0,38	0,62	4,42
	Práce při přetrhu [N.m]	2,906	2,76	3,08	2,65	3,10	0,022	0,148	5,111

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro podlepené šité spoje

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Nejvyšší pevnost [N]	1277,8	1112,37	1443,23	1061,0	1390,0	17750,23	133,23	10,43
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	15,85	14,75	16,94	14,360	16,530	0,77	0,88	5,55
	Práce nejvyšší síle [N.m]	6,825	5,45	8,19	5,02	7,83	1,22	1,11	16,2
	Pevnost v průrazu [N]	1277,8	1112,37	1443,23	1061,0	1390,0	17750,23	133,23	10,43
	Roztažení při přetrhu [mm]	15,97	15,03	16,92	14,68	16,58	0,58	0,76	4,78
	Práce při přetrhu [N.m]	6,97	5,73	8,21	5,34	7,90	0,99	0,99	14,303
Materiál 2	Nejvyšší pevnost [N]	1021,3	1015,31	1027,29	1015,65	1029,96	27,12	5,21	0,51
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	14,51	13,58	15,45	13,61	15,34	0,56	0,75	5,18
	Práce nejvyšší síle [N.m]	2,482	2,384	2,579	2,349	2,590	0,007	0,085	3,409
	Pevnost v průrazu [N]	1021,3	1015,31	1027,29	1015,65	1029,96	27,12	5,21	0,51
	Roztažení při přetrhu [mm]	19,03	13,36	24,69	13,89	25,83	20,8	4,56	23,99
	Práce při přetrhu [N.m]	4,319	4,126	4,512	3,994	4,474	0,028	0,168	3,906
Materiál 3	Nejvyšší pevnost [N]	690,92	643,85	737,98	635,9	730,5	1437,18	37,91	5,49
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	14,52	13,59	15,43	13,62	15,4	0,55	0,74	5,16
	Práce nejvyšší síle [N.m]	3,33	2,68	3,96	2,69	3,86	0,26	0,513	15,42
	Pevnost v průrazu [N]	690,92	643,85	737,98	635,9	730,5	1437,18	37,91	5,49
	Roztažení při přetrhu [mm]	15,11	13,96	16,25	13,89	16,93	0,99	0,99	6,59
	Práce při přetrhu [N.m]	4,38	2,93	5,83	2,91	6,15	1,36	1,17	26,686

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro podlepené šité spoje vyprané

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Nejvyšší pevnost [N]	1250,39	1232,93	1267,84	1220,8	1260,4	227,91	15,19	1,2
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	15,64	13,91	17,38	13,76	17,53	2,28	1,51	9,65
	Práce nejvyšší síle [N.m]	5,42	5,02	8,82	4,82	5,87	0,12	0,35	6,45
	Pevnost v průrazu [N]	1250,39	1232,93	1267,84	1220,8	1260,4	227,91	15,19	1,2
	Roztažení při přetrhu [mm]	14,97	13,58	15,45	14,23	15,37	0,19	0,43	2,91
	Práce při přetrhu [N.m]	5,6	5,18	6,03	5,13	6,24	0,14	0,37	6,72
Materiál 2	Nejvyšší pevnost [N]	1006,74	990,4	1023,08	995,6	1034,82	202,40	14,22	1,41
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	14,63	13,93	15,33	13,73	14,67	0,37	0,61	4,16
	Práce nejvyšší síle [N.m]	5,52	5,23	5,81	5,15	5,82	0,06	0,25	4,45
	Pevnost v průrazu [N]	1006,74	990,4	1023,08	995,6	1034,82	202,40	14,22	1,41
	Roztažení při přetrhu [mm]	14,58	13,65	15,51	13,64	15,29	0,66	0,81	5,55
	Práce při přetrhu [N.m]	4,51	4,07	4,95	3,98	4,87	0,14	0,38	8,42
Materiál 3	Nejvyšší pevnost [N]	674,10	658,35	689,85	652,91	695,25	187,87	13,71	2,03
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	10,62	10,27	10,97	10,42	10,99	0,09	0,3	2,82
	Práce nejvyšší síle [N.m]	5,44	5,14	5,74	5,06	5,92	0,07	0,26	4,83
	Pevnost v průrazu [N]	674,10	658,35	689,85	652,91	695,25	187,87	13,71	2,03
	Roztažení při přetrhu [mm]	14,61	13,83	15,39	13,83	15,79	0,46	0,68	4,65
	Práce při přetrhu [N.m]	5,43	5,15	5,71	5,15	5,89	0,06	0,24	4,35

Tabulka: Statistické zpracování hodnot pro podlepené šité spoje ozářené

	Měřená vlastnost	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační Koeficient [%]
Materiál 1	Nejvyšší pevnost [N]	1212,39	1198,7	1226,08	1201,53	1235,24	142,0	11,91	0,98
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	14,64	12,85	16,733	11,85	16,23	2,45	1,56	10,69
	Práce nejvyšší síle [N.m]	5,63	5,08	6,27	5,05	6,51	0,23	0,48	8,51
	Pevnost v průrazu [N]	1212,39	1198,7	1226,08	1201,53	1235,24	142,0	11,91	0,98
	Roztažení při přetrhu [mm]	14,51	13,58	15,45	13,61	15,34	0,56	0,75	5,18
	Práce při přetrhu [N.m]	5,71	5,05	6,37	5,32	6,83	0,34	0,58	10,17
Materiál 2	Nejvyšší pevnost [N]	969,76	957,25	982,27	958,26	990,37	118,48	10,88	1,12
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	14,38	13,75	15,01	13,62	14,75	0,3	0,55	3,87
	Práce nejvyšší síle [N.m]	5,38	5	5,76	4,86	5,83	0,11	0,33	6,16
	Pevnost v průrazu [N]	969,76	957,25	982,27	958,26	990,37	118,48	10,88	1,12
	Roztažení při přetrhu [mm]	15,62	13,94	17,298	13,8	17,9	2,14	1,46	9,35
	Práce při přetrhu [N.m]	4,321	3,94	4,70	3,89	4,81	0,110	0,331	7,670
Materiál 3	Nejvyšší pevnost [N]	654,31	639,75	668,87	635,9	673,46	160,52	12,67	1,93
	Roztažení při nejvyšší síle [mm]	11,243	10,149	12,337	10,107	12,997	0,907	0,952	8,471
	Práce nejvyšší síle [N.m]	5,21	4,72	5,7	4,62	5,96	0,19	0,43	8,35
	Pevnost v průrazu [N]	654,31	639,75	668,87	635,9	673,46	160,52	12,67	1,93
	Roztažení při přetrhu [mm]	14,57	14,09	15,13	13,75	15,86	0,52	0,42	4,95
	Práce při přetrhu [N.m]	5,66	5,17	6,15	4,84	6,02	0,18	0,43	7,68

